

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение / ОТСП

Отделение школы (НОЦ) Электронной инженерии

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Технология сборки и сварки защитной гильзы ротора центробежного насоса</b>

УДК 621.757:621.791:621.67-251

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3–1В31	Орт Иван Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Князьков А.Ф.	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИП	Спицын В.В.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение	Хайдарова А.А.	к.т.н., доцент		

Томск – 2018 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение / ОТСП

Отделение школы (НОЦ) Электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)                      \_\_\_\_\_ (Дата)                      Хайдарова А.А.  
(Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В31	Орт Иван Александрович

Тема работы:

<b>Технология сборки и сварки защитной гильзы ротора центробежного насоса</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	05.04.2018, № 2345/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Настоящее техническое задание распространяется на разработку технологии сборки и сварки защитной гильзы ротора центробежного насоса. Данная гильза предназначена для герметизации и защиты обмоток ротора от перекачиваемого продукта. Разработанный технологический процесс позволит повысить качество изготовления гильзы, уменьшить время простоя оборудования, снизить себестоимость.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования,</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Описание конструкции</li> <li>2 Материал защитной гильзы ротора</li> <li>3 Технологическая свариваемость стали 12х18н10т</li> <li>4 Обоснование выбора способа сварки</li> <li>5 Обоснование выбора сварочных материалов</li> <li>6 Расчет сварного соединения</li> <li>7 Особенности сборки и техника сварки</li> </ol>

конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	8 Выбор основного сварочного оборудования 9 Технология изготовления изделия 10 Сборочно-сварочные приспособления 11 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 12 Социальная ответственность 13 Заключение
<b>Перечень графического материала</b>  (с точным указанием обязательных чертежей)	1 Общий вид насоса ЦГ 2 Выбор способа сварки 3 Конструктивный элемент 4 Параметры режимов сварки 5 Сварочное оборудование. Технические характеристики 6 Сборочно-сварочное приспособление 6 Компоновка сварочного поста 7 Технология сварки (2 листа) 8 Экономическая часть
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
1-10 Основной	Князьков Анатолий Федорович
11 Ресурсоэффективность и финансовый менеджмент	Спицын Владислав Владимирович
12 Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Князьков А.Ф.	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3–1В31	Орт Иван Александрович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 91 с., 9 рис., 21 табл., 31 источников, 13 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: центробежные насосы, защитная гильза ротора, сварка тонколистового металла, в среде защитного газа, технологический процесс.

Объектом исследования является процесс сборки и сварки защитной гильзы ротора центробежного насоса.

Цель работы заключается в разработке и усовершенствовании технологии сборки и сварки защитной гильзы ротора.

В процессе работы проводилась разработка и усовершенствование технологического процесса сборки и сварки защитной гильзы ротора.

В результате исследования и сравнения приемлемых способов сварки была заменена ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в среде защитного газа на автоматическую сварку неплавящимся электродом в среде защитного газа, выбрано сварочное оборудование, сварочные материалы, посчитаны параметры режима сварки.

Проведен технико–экономический анализ процесса изготовления защитной гильзы ротора центробежного насоса. Также проведен анализ вредных и опасных факторов на производстве. Предложены мероприятия по предотвращению и ликвидации чрезвычайных ситуаций в случае возникновения.

Результаты исследования могут быть применены на предприятиях, занимающихся ремонтом центробежных герметичных насосов для пищевой, химической, нефтяной, топливно-энергетическом отрасли

Дано обоснование эффективности внедряемого способа сварки. Внедрение данной технологии позволит уменьшить время простоя оборудования, увеличить межремонтный интервал, снизить себестоимость и накладные расходы на единицу продукции.

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и графическом редакторе «КОМПАС–3DV17».

## Abstract

Graduation qualification work 91 pp., 9 pic., 21 tables, 31 sources, 13 sheets of demonstration material (slides)

Keywords: centrifugal pumps, protective sleeve of the rotor, welding of sheet metal, in shielding gas environment, technological process.

The object of the study is the process of assembling and welding of the protective sleeve of the centrifugal pump rotor.

The purpose of the work is to develop and improve the technology of assembly and welding of the protective sleeve of the rotor.

In the process of work, the development and improvement of the technological process of assembling and welding the rotor protective sleeve was carried out.

As a result of research and comparison of acceptable welding methods, manual arc welding with a non-consumable electrode in a protective gas environment for automatic welding with a non-consumable electrode in a shielding gas environment was selected, welding equipment, welding materials were selected, and the parameters of the welding regime were calculated. The technical and economic analysis of the manufacturing process of the protective sleeve of the centrifugal pump rotor is carried out. Also an analysis of harmful and hazardous factors in production was carried out. Proposed measures for the prevention and elimination of emergencies in the event of occurrence.

The results of the research can be applied at enterprises engaged in the repair of centrifugal hermetic pumps for food, chemical, oil, fuel and energy.

The justification of the efficiency of the introduced welding method is given. The introduction of this technology will reduce the downtime of equipment, increase the inter-repair interval, reduce the cost and overhead costs per unit of output.

Graduation qualification work of the bachelor is executed in the text editor Microsoft Word 2016 and the graphic editor "COMPASS-3DV17"

## Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

СТП ТПУ 2.5.01–2014 Положение о выпускных квалификационных работах бакалавра, специалиста и магистра в Томском политехническом университете.

ГОСТ 7.32–2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

ГОСТ Р 1.5–2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.

ГОСТ 2601-84 Сварка металлов. Термины и определения основных понятий

ГОСТ 14771–76 Швы сварных соединений. Электродуговая сварка в защитных газах.

ГОСТ 10157–2016 Аргон газообразный и жидкий. Технические условия.

ГОСТ 23949-80 Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся. Технические условия.

ГОСТ 12.0.002–2014 Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.

ГОСТ 12.1.003–2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.004 – 91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность.

ГОСТ 17.2.3.02–2014 Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями

## Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Ручная дуговая сварка – сварка, при которой возбуждение дуги, подача электрода и его перемещение проводится мускульной силой человека.

Автоматическая дуговая сварка – механизированная сварка, при которой возбуждение дуги, подача плавящегося электрода или присадочного металла и относительное перемещение дуги и изделия осуществляются механизмами без непосредственного участия человека

Аргонодуговая сварка – дуговая сварка, неплавящимся электродом при которой в качестве защитного газа используется аргон.

Сварное соединение – неразъёмное соединение, выполненное сваркой.

Выпуклость сварного шва – отклонение от плоскости, определяемое расстоянием между основным металлом и поверхностью сварного шва, измеренным в месте наибольшего отклонения.

Зазор – кратчайшее расстояние между кромками собранных для сварки деталей.

Присадочный материал – металл, предназначенный для введения в сварочную ванну в дополнение к расплавленному основному металлу.

Сварочная ванна – часть металла свариваемого шва, находящаяся при сварке плавлением в жидком состоянии.

Стыковое соединение – тип соединения при котором детали лежат в одной плоскости и примыкают друг к другу торцовыми поверхностями.

Свариваемость - это свойство металла или сочетания металлов образовывать при применении установленной технологии сварки соединения, отвечающие требованиям, обусловленным конструкцией или эксплуатацией изделия.

## Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ЦГ - Центробежный герметичный;

РАДС – Ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом;

АДС – Автоматическая аргонодуговая сварка неплавящимся электродом;

Ar – аргон газообразный.

$F_{np}$  – площадь проплавления,  $см^2$ ;

$I$  – сила тока,  $A$ ;

$V$  – скорость сварки,  $см/с$ ;

$U$  – напряжение в сварочной дуге,  $B$ ;

$h_n$  – теплосодержание металла в сварочной ванне,  $Дж/г$ ;



Содержание	С.
Введение.....	13
1 Описание конструкции.....	16
2 Материал защитной гильзы ротора.....	17
3 Технологическая свариваемость стали 12X18H10T.....	19
4 Обоснование выбора способа сварки.....	20
4.1 Лазерная сварка.....	20
4.2 Электронно-лучевая сварка .....	21
4.3 Дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитных газов .....	21
4.4 Дуговая сварка неплавящимся электродом в среде защитных газов ....	21
4.5 Способ сварки.....	25
4.6 Сравнительный анализ РАДС И АДС .....	26
5 Обоснование выбора сварочных материалов.....	29
5.1 Защитные газы.....	29
5.2 Вольфрамовый электрод .....	30
6 Расчет параметров режимов и расхода сварочных материалов .....	32
6.1 Расчет параметров режимов.....	32
6.2 Расход сварочных материалов.....	34
7 Особенности сборки и техника сварки .....	35
8 Выбор основного сварочного оборудования.....	37
9 Технология изготовления изделия .....	40
9.1 Заготовительные операции .....	40
9.2 Технологический процесс сборки и сварки .....	40
9.3 Сварочные напряжения и деформации.....	41
9.4 Дефекты, возникающие при сварке тонколистового металла.....	42
9.5 Технический контроль качества и исправление брака.....	45
10 Сборочно-сварочное оборудование .....	46
10.1 Сборочно-сварочное приспособление .....	46
10.2 Стойка-манипулятор.....	47

10.3 Пружинные прижимы.....	48
11 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	49
11.1 Предпроектный анализ .....	49
11.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	49
11.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	50
11.2 Планирование управления проектом .....	54
11.2.1 План проекта.....	54
11.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	55
11.2.3 Бюджет научного исследования .....	58
11.2.3.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	58
11.2.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ ..	58
11.2.3.3 Амортизационные отчисления .....	59
11.2.3.4 Расчет фонда заработной платы .....	60
11.2.3.5 Расчет дополнительной заработной платы.....	62
11.2.3.6 Расчет отчислений во внебюджетные фонды .....	62
11.2.3.7 Расчет накладных расходов .....	63
11.2.3.8 Формирование бюджета затрат НТИ .....	63
12 Социальная ответственность .....	64
12.1 Производственная безопасность.....	65
12.1.1 Анализ вредных и опасных факторов на рабочем месте .....	65
12.1.2 Производственный шум .....	67
12.1.3 Освещение.....	68
12.1.4 Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция.....	69
12.1.5 Ультрафиолетовое излучение (УФИ) .....	71
12.1.6 Правила обращения с баллонами для сжатых и сжиженных газов ..	71
12.1.7 Правила безопасности при работе на механическом оборудовании и со слесарным инструментом .....	72
12.1.8 Защита от поражения электрическим током .....	73

12.2 Экологическая безопасность.....	75
12.2.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду .....	75
12.2.2 Мероприятия по защите окружающей среды .....	75
12.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	77
12.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	79
Заключение .....	81
Список использованной литературы.....	83
Приложение А – Комплект технологической документации	

Диск CD-R	В конверте на обороте обложки
ФЮРА. 02142.001 Комплект технологической документации.	
Файл КТД_Орт.xlsx в формате Microsoft Excel 2016	
ФЮРА.20142.002 Презентация.	
Файл Презентация_Орт.ppt в формате Microsoft PowerPoint 2016	
ФЮРА. 20142.003 Пояснительная записка.	
Файл ВКР_Орт.docx в формате Microsoft Word 2016	
Графический материал:	
Титульный лист	демонстрационный лист
Общий вид насоса ЦГ	демонстрационный лист
Цели и задачи	демонстрационный лист
Выбор способа сварки	демонстрационный лист
Конструктивный элемент	демонстрационный лист

Параметры режимов сварки	демонстрационный лист
Сварочное оборудование. Технические характеристики	демонстрационный лист
Сборочно-сварочное приспособление	демонстрационный Лист
Компоновка сварочного поста	демонстрационный Лист
Технология сварки	демонстрационный лист
Экономическая часть	демонстрационный лист
Выводы	демонстрационный лист

## Введение

В современный век прогресса и непрерывных совершенствований предприятиям для сохранения востребованности и конкурентоспособности требуется постоянная модернизация и улучшение технологий. Сварка, как высокопроизводительный процесс изготовления неразъемных соединений, является на сегодня одним из наиболее распространенных методов соединения материалов в машиностроительной, нефтехимической и других отраслях. Сварочное производство также не стоит на месте, обновляя технологии и оборудование, находя новые методы и способы сварки.

Предприятиям нефтехимического комплекса, к которым относится ООО «Томскнефтехим» (г. Томск) тоже свойственны непрерывность в улучшениях и модернизации. На данном предприятии проводится политика по оптимизации и улучшению технологических процессов и оборудования для обеспечения требуемого качества выпускаемой продукции, получения экономической выгоды, снижения вредности производства.

Широкие возможности сварки плавлением и современное сборочно-сварочное оборудование облегчают решение задач, стоящих перед инженерами-технологами Централизованного ремонтного производства. Однако повышаются и требования к применяемым технологическим процессам, которые должны не только обеспечивать качество выполнения сборки и требуемые свойства сварных соединений, но также быть экономичным выгодными и экологически приемлемыми.

На Ремонтное производство было возложено осуществление ремонта центробежных герметичных насосов. Данный тип насосов является распространённым оборудованием в нефтехимической отрасли и применяется для перекачки сжиженных газов, взрывоопасных, химически активных, токсичных и агрессивных жидкостей. Эти насосы имеют моноблочную конструкцию (насосную часть со встроенным асинхронным двигателем).

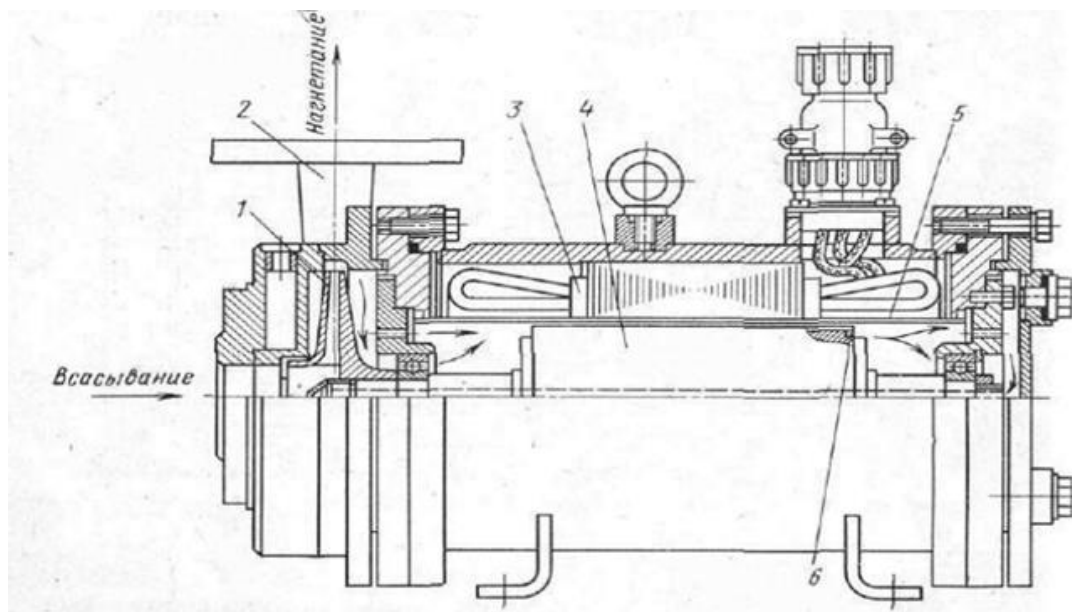


Рисунок 1 – Насос БЭН-14. 1 – рабочее колесо; 2 – отвод спиральный;  
3 – статор; 4 – ротор; 5,6 – гильзы [1].

Смазка и охлаждение насосов осуществляется перекачиваемой жидкостью или с помощью «рубашки». Для защиты обмотки статора и ротора от контакта с перекачиваемой средой применяются тонкостенные гильзы. Такая конструкция обеспечивает полную герметичность технологического процесса, практическое отсутствие шума и вибрации, сохранение стерильности и чистоты перекачиваемого продукта, безопасность персонала и окружающей среды. [1]

Проанализировав технологию сборки и сварки защитной гильзы ротора насосов ЦГ, применяемую на ООО «Томскнефтехим», можно сделать вывод, что она требует модернизации.

Цель данной дипломной работы заключается в поиске возможных способов модернизации действующей на предприятии технологии сборки и сварки защитной гильзы ротора насосов ЦГ, что позволит повысить качество ремонта насоса, уменьшить время простоя оборудования, увеличить межремонтный интервал, снизить себестоимость и накладные расходы на единицу продукции.

Задачами выпускной квалификационной работы в связи с указанной целью являются:

- подбор оптимального оборудования для выполнения сборки обечайки защитной гильзы ротора и ее последующей сварки;
- анализ возможных альтернативных способов сварки, которые снизят трудоемкость и себестоимость сварочных работ;
- подбор сварочного оборудования и сварочных материалов;
- разработка нового технологического процесса сборки и сварки при использовании оптимального сборочного оборудования и новой сварочной технологии;
- исследование экономической целесообразности новой технологии сварки.

## 1 Описание конструкции

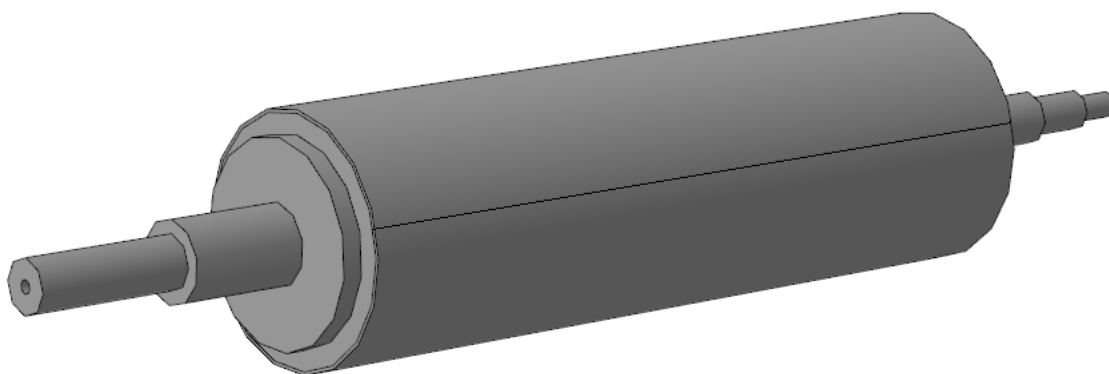


Рисунок 1 – Ротор насоса

Ротор насоса ЦГ состоит из вала, магнитного сердечника и двух цапф, к которым приваривается защитная гильза. Защитную гильзу статора и ротора выполняют тонкостенными из немагнитного материала. Электронасос с защитной гильзой должен сохранять абсолютную герметичность (без дополнительных скрепляющих средств) при значительных давлениях в зоне ротора. Благодаря малой толщине гильзы в зоне воздушного зазора сохраняется высокий к.п.д. электродвигателя [1].

Длина защитной гильзы ротора в зависимости от модели насоса составляет от 350 до 1200 мм, внутренний диаметр от 72 до 180 мм. После сборки насоса между защитными гильзами ротора и статора должен сохраняться воздушный зазор размером  $2^{\pm 1}$  мм.

Обечайка защитной гильзы сваривается в приспособлении одним продольным стыковым швом. После сварки обечайка проходится калибром и напрессовывается на ротор. А затем приваривается к цапфам ротора двумя круговыми стыковыми швами.

Основные требования, предъявляемые к сварке защитной гильзы ротора насосов ЦГ:

- герметичность;
- отсутствие выпуклостей сварного шва;
- недопущение нахлеста металла при сварке продольного шва.



## 2 Материал защитной гильзы ротора

Для изготовления защитной гильзы ротора насоса ЦГ применяется листовой прокат из стали 12х18н10т (аналог 08х18г8н2т, 10х14г14н4т, 08х17т, 15х25т, 12х18н9т). Обозначение по стандарту ASTM: 321 AISI, 321H AISI. [2]

Сталь 12х18н10т относится к конструкционным криогенным сталям аустенитного класса. Данная сталь используется при производстве сварных аппаратов и сосудов, работающих в разбавленных растворах уксусной, азотной, фосфорной кислот, растворах щелочей и солей, и других деталях, работающих под давлением при температуре от  $-196$  до  $+600$  °С, а в агрессивных средах до  $+350$  °С. [3]

Химический состав и физические свойства представлены в таблицах 1 и 2, соответственно.

Таблица 1 – Химический состав стали 12х18н10т, в % [2]

Ti	Ni	Cr	C	Si	Cu	Mn	P	S
0,6–0,8	9–11	17-19	Не более					
			0,12	0,8	0,3	2	0,035	0,02

Таблица 2 – Физические свойства стали 12х18н10т [2]

Температура испытания, °С	20	900
Плотность ( $\rho$ ), кг/м <sup>3</sup>	7900	
Температура плавления, °С	1420	
Коэффициент линейного расширения ( $\alpha$ ), $10^{-6}$ 1/°С	16,6	19,3
Коэффициент теплопроводности ( $\lambda$ ), Вт/(м·°С)	15	26
Модуль упругости ( $E$ ), $10^{-5}$ МПа	1,98	1,47
Удельная теплоемкость ( $C$ ), Дж/(кг·°С)	462	596

Структура металла сварного соединения влияет на его механические свойства. Она определяется химическим составом, режимами сварки и скоростью охлаждения сварного шва.

Так, высокое содержание хрома (Cr) в стали 12х18н10т обеспечивает способность металла к пассивации, что приводит к ее сильным антикоррозийным свойствам.

Перевод стали в класс аустенитов добавлением никеля (Ni) расширяет эксплуатационные характеристики нержавеющей стали, сочетая их с ее технологичностью. Данные стали по сравнению с ферритными сталями хорошо прокатываются в горячем и холодном состоянии, обладают высокой коррозионной устойчивостью в агрессивных средах.

Сильный карбидообразующий элемент титан (Ti) позволяет устранить склонность стали к межкристаллитной коррозии.

Добавление кремния (Si), выводит вредные газы и повышает плотность стали, что ведет к увеличению прочности материала и предел текучести, но при этом немного снижается пластичность.

Введение марганца (Mn) приводит к замедлению скорости роста зерна, что способствует получению мелкозернистой структуры.

Фосфор (P) отрицательно влияет на механические свойства сплава и его предельное содержание имеет критичное значение. Он способствует сильной неоднородности сплава в процессе кристаллизации, снижению при низких температурах пластических характеристик металла.

### 3 Технологическая свариваемость стали 12X18H10T

Эквивалентное содержание углерода ( $C_{э\kappa\text{в}}$ ) является количественным ориентировочным показателем свариваемости стали. Оно определяется по формуле [3]:

$$C_{э\kappa\text{в}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni + Cu}{15} + \frac{Cr + Mo + V}{5}; \quad (1)$$

$$C_{э\kappa\text{в}} = 0,12 + \frac{2}{6} + \frac{9 + 0,3}{15} + \frac{17}{5} = 0,2.$$

$0,2 \leq C_{э\kappa\text{в}} < 0,2$  – свариваемость стали хорошая. Предварительный подогрев не требуется.

Проверяем сталь на склонность к образованию горячих трещин по формуле [3]:

$$\frac{Cr_9}{Ni_9} = \frac{Cr + Mo + 1,5Si + 2(Al + Ti)Nb + W + 0,5Ta}{Ni + 0,5Mn + 30C + 12B + Co}; \quad (2)$$

$$\frac{Cr_9}{Ni_9} = \frac{19 + 1,5 \cdot 0,8 + 2}{11 + 1 + 30 \cdot 0,12} = 0,56.$$

$0,56 < 1$  – сталь стойкая к образованию горячих трещин.

Существует деление стали по свариваемости на четыре группы: хорошо свариваемые - первая группа; удовлетворительно свариваемые - вторая группа; ограниченно свариваемые - третья группа и плохо свариваемые - четвертая группа. [3]

Из приведенных выше расчетов видно, что сталь 12x18h10t относится к первой группе. Сталь данной группы, хорошо сваривается в широком диапазоне режимов сварки и толщин металла без образования закалочных структур и трещин.

#### 4 Обоснование выбора способа сварки

Основными критериями выбора способа сварки при разработке новых конструкций и процессов являются их технологические возможности и простота реализации.

При оценке применимости различных способов для выполнения конкретного соединения на первый план выдвигаются требования, предъявляемые к сварному соединению и технологические свойства электрической дуги, лазера, плазмы и т.д. Данные требования включают множество показателей: качество формирования шва, эксплуатационные и механические свойства получаемых соединений, стабильность процесса и воспроизводимость его результатов, производительность сварки.

Основные современные виды сварки, применяемые для аустенитных сталей толщиной менее 0,5 мм:

##### 4.1 Лазерная сварка.

Лазерная сварка основана на следующем процессе: излучение лазера, направляется на фокусирующую систему, после которой формируется в пучок меньших размеров, который при попадании на свариваемые детали, частично отражается, а частично проникая внутрь материала, поглощается, вызывая нагрев и плавление.

Для сварки металлов наибольшее распространение получили два типа технологических лазеров:

- твердотельные АИГ-лазеры, в которых в качестве активных сред используются стекло или алюмоиттриевый гранат легированный ионами неодима;
- газовые CO<sub>2</sub>-лазеры, активной средой в которых служит молекулярный углекислый газ в смеси с азотом и гелием [4]

## 4.2 Электронно-лучевая сварка

Данный тип сварки основан на использовании энергии, высвобождаемой при торможении потока ускоренных электронов в свариваемых материалах. Луч формируется при помощи электронно-лучевой пушки. Сварка ведётся в вакуумных камерах. [5]

## 4.3 Дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитных газов

В качестве энергии используется тепло, образующееся при горении электрической дуги между проволокой и свариваемым изделием. Сварка производится с помощью полуавтоматических и автоматических сварочных аппаратов на постоянном токе обратной полярности. В качестве защитных газов применяется углекислый газ, аргон, гелий или их смеси. Плавящаяся сварочная проволока (выполняющая роль электрода) подается в сварочную ванну через сварочную горелку роликами, с помощью подающего механизма. Подвод сварочного тока к проволоке осуществляется через скользящий контакт. [6]

## 4.4 Дуговая сварка неплавящимся электродом в среде защитных газов

Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в защитном газе использует тепло, образующееся при горении электрической дуги между вольфрамовым электродом и металлом изделия.

Сварка производится с помощью сварочных аппаратов постоянного или переменного тока на прямой полярности. Вольфрамовый электрод закрепляется в токопроводящем устройстве горелки, к которой по шлангам подводится токоведущий провод и защитный инертный газ. Защитный газ служит для защиты электрода, сварочной ванны и околошовной зоны от окисления и азотирования. Сварку возможно осуществлять как с применением присадочного материала, так и без него. [6]

Достоинства и недостатки видов сварки относительно требований, предъявляемых к сварному соединению защитной гильзы ротора насосов ЦГ приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика способов сварки

	Способы сварки		
	Лазерная	Электронно-лучевая	Дуговая сварка неплавящимся электродом
Достоинства	<p>Направленность узкого лазерного луча позволяет сосредоточить всю тепловую энергию, которая необходима для образования сварочной ванны, в месте малой площади до десятых долей миллиметра.</p> <p>Возможность дозировать подаваемую энергию в очень большом диапазоне. Это позволяет создавать высококачественные сварные соединения любых материалов;</p> <p>Можно получить большую глубину оплавления, при этом термическое повреждение не расходится в ширь, что очень важно при сварке деталей малого размера;</p> <p>Управление лазерным потоком с помощью системы зеркал и отражателей позволяет достигнуть труднодоступных мест и участков.</p> <p>Высокая экологическая безопасность по сравнению с дуговой сваркой.</p>	<p>Высокая концентрация ввода теплоты в изделие, выделяющейся на поверхности изделия, и на некоторой глубине в объёме основного металла.</p> <p>Фокусировкой электронного луча можно получить очень малое пятно нагрева, что позволяет за один проход сваривать металлы толщиной от десятых долей миллиметра до 200 мм.</p> <p>Уменьшение протяжённости зоны термического влияния снижает вероятность рекристаллизации основного металла в этой зоне.</p> <p>Малое количество вводимой теплоты (в 4—5 раз меньше, чем при дуговой). В результате резко снижаются деформация изделия.</p> <p>Отсутствие насыщения металла газами в процессе сварки.</p>	<p>Большой спектр свариваемых материалов;</p> <p>Хорошая проплавливающая способность;</p> <p>Сварку возможно вести во всех пространственных положениях;</p> <p>Отсутствие шлака на поверхности сварочной ванны;</p> <p>Узкая околошовная зона;</p> <p>Нет шлаковых включений,</p> <p>Высокая стабильность сварочной дуги</p> <p>Количество присадочного металла, подаваемого в ванну, выбирают из условия обеспечения требуемой доли участия присадочного металла в образовании шва;</p> <p>В отличие от сварки плавящимся электродом скорость плавления присадочного металла не связана жесткой зависимостью с величиной сварочного тока;</p> <p>Переход присадочного металла в сварочную ванну, минуя дуговой промежуток, исключает его разбрызгивание. Сокращаются потери на испарение, и ограничивается взаимодействие расплавленного металла с газовой фазой столба дуги.</p>

Продолжение таблицы 3

	Способы сварки		
	Лазерная	Электронно-лучевая	Дуговая сварка неплавящимся электродом
Недостатки	<p>Обладает малым КПД, Высокая стоимость на производство и эксплуатацию оборудования; Обучение сварщика лазерной сварке и приемам обучения с агрегатом требует длительных сроков и знаний.</p>	<p>Высокая стоимость на производство и эксплуатацию оборудования; Для создания вакуума в рабочей камере после загрузки изделий требуется длительное время. Обучение сварщика электронно-лучевой сварке и приемам обучения с агрегатом требует длительных сроков и знаний.</p>	<p>Низкая производительность; Требуется высокой квалификации сварщика; Из-за отсутствия дыма и высокой температуры дуги излучение более сильное, имеющее сдвиг в ультрафиолетовую область, что, в свою очередь, вызывает образование озона и оксидов азота, что влечет за собой необходимость применения дополнительных защитных мер.</p>

В таблице не рассматривалась сварка плавящимся электродам в связи с невозможностью формирования шва без присадочного материала, а в следствии этого усложнение технологического процесса на последующую механическую обработку, увеличение времени на изготовление.



#### 4.5 Способ сварки

Сварку тонколистового металла в стык согласно ГОСТ 14771-76, для уменьшения вероятности возникновения прожогов, протеканий сварочной ванны и лучшей защиты обратной стороны обечайки рациональней производить двумя способами.

- Сварка с отбортовкой кромок (рисунок 3) [7].

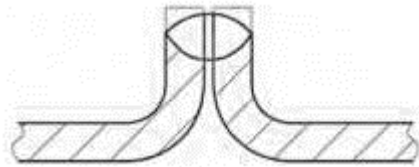


Рисунок 3

Основные преимущества данного способа снижение требовательности к качеству подгонки стыка, высокая скорость ведения процесса сварки. Недостатки: имеет малую прочность при действии растягивающих, переменных и ударных нагрузок. Шов имеет выпуклую геометрию. Применяется в малоответственных конструкциях.

Применение данного вида соединения не подходит нам по указанным выше недостаткам.

- Сварка на медной подкладке (рисунок 4) [7].

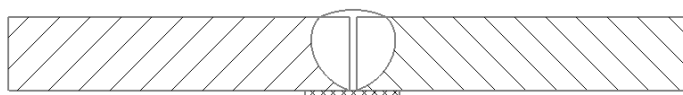


Рисунок 4

Основные преимущества данного способа: повышенная скорость ведения сварочного процесса (по сравнению со сваркой на весу), контролируемое проплавление металла. Недостатки: гладкая медная подкладка позволяет производить одностороннюю сварку только при условии плотного поджатия и полного отсутствия зазора.

#### 4.6 Сравнительный анализ РАДС И АДС

Дуговая сварка тонколистовых материалов представляет собой проблему, решение которой основывается на двух различных, взаимоисключающих подходах:

1) Предполагает применение сравнительно мощной дуги (что обеспечивает необходимую пространственную устойчивость ее) и высоких скоростей сварки (для снижения погонной энергии до допустимых значений). Такой вариант возможен и применяется при сварке прямолинейных протяженных швов.

2) Характеризуется стремлением к снижению давления дуги на сварочную ванну и объема последней, для чего ток дуги уменьшают до минимальных значений. Этот подход более универсален, однако его практическая реализация затруднена из-за недостаточной физической и пространственной устойчивости малоамперной дуги.

Согласно принципу термодинамического минимума Штеенбека расплавленный металл в процессе сварки обеспечивает минимальное напряжение дуги, вследствие этого, периодически возникают задержки анодного пятна. Оно в полной мере проявляется при сварке на низких токах, на сравнительно больших токах управляемость дуги обеспечивается стабилизирующим действием мощного катодного потока [9].

Анодное пятно синхронно перемещается с ванной расплавленного металла, отставая от перемещения электрода (Рисунок 5), до тех пор, пока напряжение растянутой дуги не окажется равным напряжению возбуждения анодных процессов на холодном металле. При этом дуга скачкообразно сместится, а ее передвижение в целом будет носить прерывистый характер. При малых скоростях сварки дискретность перемещения анодного пятна наблюдается уже в диапазоне токов 20-40А [9].

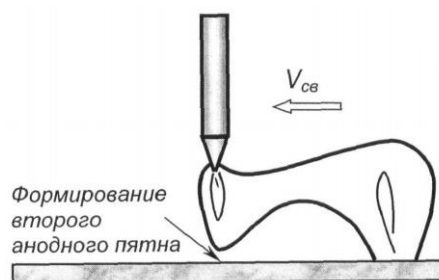


Рисунок 5

При неизменной величине тока с ростом скорости частота скачкообразных перемещений дуги возрастает. Дискретность перемещения характеризует динамическую пространственную устойчивость разряда.

Пространственная устойчивость — важнейшее технологическое свойство дуги. Интенсивность расплавления электрода, теплосодержание расплавленного металла, его перенос в дуге, разбрызгивание и проплавление основного металла определяются в значительной мере пространственной устойчивостью дуги, которая является необходимым условием сварки в защитных газах [9].

На пространственную устойчивость в основном влияет:

- заточка неплавящегося электрода;
- скорость ведения сварочного процесса;
- напряжение на сварочной дуге.

Первый подход удобней реализовывать при применении автоматической дуговой сварки. Которая по сравнению с ручной имеет ряд неоспоримых преимуществ:

- большая производительность;
- хорошее качество сварного соединения;
- не требует высокой квалификации сварщика;
- за счет увеличения и равномерности скорости сварки, уменьшается зона термического влияния;
- эргономичность (сварщик только следит за процессом, не находясь в напряжении в одном положении).

Недостатками является:

- требует высоких начальных инвестиций;
- однотипность выполняемой работы;
- повышенные требования к сборке сварного соединения.

Вывод: Анализируя полученные данные, можно прийти к выводу, что применение дуговой сварки в защитных газах в условиях не массового производства экономически более целесообразно, при этом не уступая другим видам в качестве и производительности. АДС для сварки защитной гильзы ротора, в связи с вышеизложенным является предпочтительней, чем РАДС.

## 5 Обоснование выбора сварочных материалов

### 5.1 Защитные газы

При сварки неплавящимся электродом наиболее широко применяются инертные газы: аргон, гелий и их смеси.

Аргон – инертный газ. Он тяжелее воздуха, вследствие чего вытесняя кислород из зоны сварки обеспечивает хорошую газовую защиту сварочной ванны. Аргон газообразный чистый поставляется двух сортов: высшего и первого. В таблице 4 приведен состав Ar в зависимости от его сорта.

Таблица 4 – Состав Ar по ГОСТ 10157-2016 [8]

Сорт	Ar, %	Кислород, не более %	Водяных паров, %
высший	99,993	0,0007	0,0009
первый	99,987	0,002	0,001

Гелий подобно аргону химически инертен. В отличие от аргона гелий легче воздуха, что усложняет защиту сварочной ванны и требует большего расхода в процессе сварки. По сравнению с аргонem гелий обеспечивает более интенсивный нагрев зоны сварки [6].

Сравнительные свойства инертных газов приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Сравнительные свойства инертных газов

Аргон (100%)	Гелий (100%)
<ul style="list-style-type: none"><li>- повышение стойкости неплавящегося электрода;</li><li>- повышение пространственной устойчивости дуги</li><li>- меньшее проплавление, в следствие этого, уменьшение вероятности прожогов;</li><li>- стоимость.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- меньшее давление на сварочную ванну, способствующее снижению образования неровностей сварного шва;</li><li>- лучшее формирование шва.</li></ul>

## 5.2 Вольфрамовый электрод

Вольфрамовый электрод – неплавящийся проводник, используемый для сварочных работ в среде защитного газа аргона или гелия. В отличие от других видов сварки, данный электрод только вызывает образование дуги и удерживает ее, не являясь при этом присадкой. Основные требования к неплавящимся электродам:

- должен обеспечивать физическую устойчивость, уверенное возбуждение и технологически необходимую мобильность сварочной дуги.
- должен сохранять свои качества и возможность применения в течение максимально возможного рабочего времени.

Состояние рабочей поверхности вольфрамовых электродов, при сварке малоамперной дугой, существенно влияет на стабильность горения дуги. При нарушениях исходной геометрии рабочего участка вольфрамовых электродов происходит изменение теплового и силового воздействия на свариваемый металл, снижение пространственной устойчивости дуги. Также нарушение геометрии рабочего участка зачастую является причиной вольфрамовых включений в сварных швах и сопровождается разрушением поверхности электродов.

Эрозия, образование так называемой «короны» и наростов все это вызывает нарушение исходной формы рабочего участка. Высокая чувствительность процесса сварки малоамперной (менее 25А) дугой тонколистовых материалов к изменениям условий в зоне сварки, негативному влиянию изменений формы рабочего участка электродов заметно влияет на качество формирования швов и это тем более значимо, что проявляется часто в первые же минуты горения дуги [9]. На рисунке 5 изображена зависимость времени разрушения неплавящегося электрода от его конструкции, марки и диаметра.

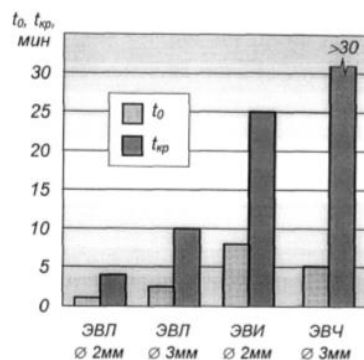


Рисунок 5 - Зависимость величин  $t_0$  и  $t_{кр}$  от конструкции, марки и диаметра неплавящегося электрода ( $I_d = 20A$ ) [9].

Вывод: Самыми оптимальными материалами для сварки тонколистовой стали 12х18н10т способом АДС будет неплавящийся электрод марки WY-20 диаметром 1,6 мм, а в качестве защитной среды – аргон высшего сорта.

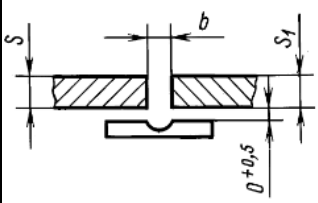
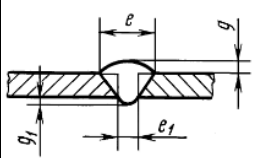
## 6 Расчет параметров режимов и расхода сварочных материалов

### 6.1 Расчет параметров режимов

При дуговой сварке неплавящимся электродом в защитном газе рассчитываются основные параметры режима: сила сварочного тока, напряжение дуги, диаметр электрода, площадь поперечного сечения шва, выполняемого за один проход, число проходов.

Расчет режимов сварки начинают с определения геометрических размеров шва. Разделка кромок и геометрия шва представлены в таблице 6.

Таблица 6 Конструктивные элементы сварного соединения по ГОСТ 14771-76 [7]

Условное обозначение сварного	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s=s_1$	$b$		$e$ , не более	$g$		$g_1$
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Номин.	Пред. откл.		Номин.	Пред. откл.	
C4			ИН	0,5	0	+ 0,1	6,0	0	+0,1 -0,1	0

Параметры обычно рассчитывают исходя из сечения шва или размеров сварочной ванны. Величина сварочного тока является одним из основных энергетических элементов режима дуговой сварки.

По значению размеров шва определяется площадь проплавления по формуле [10]:

$$F_{\text{пп}} = \frac{\pi \cdot \delta^2}{2}; \quad (3)$$

$$F_{\text{пп}} = \frac{3,14 \cdot (0,55)^2}{2} = 0,47 \text{ мм}^2 = 0,05 \text{ см}^2;$$

Сварочный ток находим по формуле [10]:

$$I = \frac{P_{\text{np}}}{\eta_t \cdot \eta_u \cdot U} = \frac{F_{\text{np}} \cdot V \cdot \rho \cdot h_{\text{нл}}}{\eta_t \cdot \eta_u \cdot U}, \quad (4)$$



Определяем теплосодержание расплавленного металла в сварочной ванне согласно соотношению [10]:

$$\Delta h_{nl} = c \cdot (T_{пл} - T_0) + c \cdot T_{пер} + L; \quad (5)$$

$$\Delta h_{nl} = 0,6 \cdot (1758 - 293) + 0,6 \cdot 263,7 + 250 = 1339 \frac{\text{Дж}}{\text{г}},$$

где:  $c$  - удельная теплоемкость,  $\text{Дж/г} \cdot \text{K}$ ;  $T_{пл}$  - температура плавления металла,  $\text{K}$ ;  $T_0$  - начальная температура,  $\text{K}$ ;  $L$  - скрытая теплота плавления,  $\text{Дж/г}$ ,  $T_{пер}$  - температура перегрева металла в сварочной ванне,  $\text{K}$ :

$$T_{пер} = (0,1 - 0,2) \cdot T_{пл}; \quad (6)$$

$$T_{пер} = 0,15 \cdot 1758 = 263,7 \text{ K}.$$

при скорости сварки  $V_1 = 6 \frac{\text{м}}{\text{ч}} = 0,166 \frac{\text{см}}{\text{с}}$  значение будет равно:

$$I_1 = \frac{0,05 \cdot 0,166 \cdot 7,86 \cdot 1339}{0,457 \cdot 0,7 \cdot 12} = 22,7 \approx 23 \text{ A};$$

при скорости сварки  $V_2 = 8 \frac{\text{м}}{\text{ч}} = 0,222 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ :

$$I_2 = \frac{0,06 \cdot 0,222 \cdot 7,86 \cdot 1339}{0,457 \cdot 0,7 \cdot 12} = 30,4 \approx 31 \text{ A};$$

при скорости сварки  $V_1 = 12 \frac{\text{м}}{\text{ч}} = 0,333 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ :

$$I_3 = \frac{0,06 \cdot 0,333 \cdot 7,86 \cdot 1339}{0,457 \cdot 0,7 \cdot 12} = 45,64 \approx 46 \text{ A}.$$

Параметры режимов сварки представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Параметры режимов сварки

<i>Диаметр электрода</i>	<i>Род и полярность тока</i>	<i>Ток сварки</i>	<i>Скорость сварки</i>	<i>Расход аргона</i>
<i>мм</i>		<i>А</i>	<i>м/час</i>	<i>л/мин</i>
Для РАДС				
1,6	постоянный прямая полярность	17-25	6-9	3-4
Для АДС				
1,6	постоянный прямая полярность	39-48	12-18	4-6

## 6.2 Расход сварочных материалов

Определим основное время сварки по формуле [10]:

$$t_{осн} = \frac{l_{ш} \cdot 2}{V}; \quad (7)$$

$$t_{осн} = \frac{120 \cdot 2}{0.333} = 721с = 12мин,$$

Определим расход газа, требуемого на выполнение шва, по формуле [10]:

$$G_z = t_{осн} \cdot g_n; \quad (8)$$

$$G_z = 12 \cdot 6 = 72л,$$

где:  $g_n$  – расход газа, равный 6 л/мин.

## 7 Особенности сборки и техника сварки

Сварка тонколистовых материалов предъявляет весьма высокие требования к точности сборки.

Перед сборкой свариваемые торцы обечайки необходимо зачистить механическим путем, от заусенцев, очистить на ширину не менее 20 мм от масла, грязи и обезжирить. Проверить медную подкладку на отсутствие неровностей, нагара, в случаях их наличия убрать мелкозернистой наждачной бумагой и обезжирить. Использовать медную пластину на которой имеются канавки, ямы, забоины глубиной более 0,5 мм запрещается.

Сборка конструкции перед сваркой, т.е. установление и фиксация обечайки в предусмотренном положении, должна обеспечивать возможность качественной сварки конструкции. Для этого необходимо выдержать заданный зазор между соединяемыми деталями, установить деталь и закрепить так, чтобы взаиморасположение кромок не нарушилось в процессе сварки. К месту сварки должен быть обеспечен свободный доступ.

Допустимые зазоры и смещения кромок не должны превышать 10-25 процентов от толщины металла.

Для предотвращения нахлеста свариваемых кромок устанавливается зазор: в начале шва не более двадцати пяти процентов от толщины металла, в конце шва не менее 1,5 мм, но не более 5 мм. Важным условием нормального формирования шва при сварке листов малой толщины является наведение общей сварочной ванны, перемикающей зазор в месте начала сварки. В дальнейшем за счет теплового расширения материала расплавленный металл кромок стягивается в единую сварочную ванну силами поверхностного натяжения, а исходный зазор уменьшается или полностью устраняется [9].

Одним из важнейших параметров вольфрамового электрода является форма и угол заточки. Форма заточки вольфрамового электрода влияет на распределение энергии и давление сварочной дуги. Данные характеристики

вливают на глубину и ширину сварочной ванны. С увеличением угла заточки и притупления уменьшаются размеры зоны проплавления. А при уменьшении углов заточки (около  $19^\circ$ ) происходит заметное снижение глубины проплавления.

При угле заточки  $30^\circ$  наблюдается максимальная глубина и стабильность проплавления, снижение оплавления кончика электрода. [11]

Вследствие этого заточка рабочего торца электрода производится на конус  $30^\circ$  без притупления, на заточном станке с применением алмазного круга.

Вылет электрода из сопла 3-5 мм. Диаметр сопла 12 мм. Расстояние от конца электрода до свариваемых кромок 1-2 мм. Положение электрода к свариваемым поверхностям  $90^\circ$  градусов.

Перед началом сварки необходимо осуществить предварительный продув газа в течении 1-2 сек, по окончанию сварки прекращать подачу аргона только через 5-8 сек.

Сварка производится от начала до конца обечайки «на проход». Во время сварки проверяется прижим обечайки к медной подкладке и контролируется зазор. В случае вынужденной остановки сварка возобновляется с заходом в 20-30 мм на заваренный участок.

С учетом малого зазора между защитной гильзой ротора и защитной гильзой статора, а также последующей запрессовкой обечайки на ротор сварка ведется без применения присадочного материала. Образование обратного валика и усиления сварного шва не допустимо. Все выпуклости и неровности сварного шва после сварки удаляются механическим способом.

## 8 Выбор основного сварочного оборудования

При выборе источника питания сварочной дуги, согласно требованиям, предъявляемым к сварному соединению, будем руководствоваться следующими критериями:

- он должен обеспечивать стабильную, необходимую (17-48 А) силу тока и напряжение (8-9В)
- точную регулировку силы тока и стабильное поддержание на протяжении всего времени сварки;
- иметь падающую внешнюю вольтамперную характеристику, для выполнения условия стабильного горения дуги;
- обеспечивать нормальное возбуждение и гашение дуги бесконтактным способом при низких значениях сварочного тока. [12]

В целях универсальности и экономии выбор осуществлялся из сварочных аппаратов одинаково стабильно работающих как способом РАДС, так и способом АДС.

В таблице 8 приведены сварочные характеристики рассматриваемых источников.

Таблица 8 – Сравнительные характеристики источников питания сварочной дуги

Характеристика	Сварог PRO TIG 200 P DSP (W212) [13]	Grovers TIG 200 DC Pulse [14]	FoxWeld VARTEG TIG 180 DC PULSE [15]	Бартс PROFI TIG 207D [16]	Aurora PRO INTER TIG 200 PULSE [17]
Потребляемая мощность, кВт·А	6,0	5,2	5,6	5,6	6,2
Диапазон регулирования сварочного тока, А	10-200	5-200	10-180	10-200	5-200
Напряжение холостого хода, В	65	67	58	56	56
Время подачи газа до сварки, с	0-10	0,1-2	-	-	-
Время продувки после сварки, с	0-15	0-10	2	0-10	0-10
Функция «Заварка кратера»	есть	есть	есть	нет	есть
ПВ, %	60	60	60	60	60
Диаметр электродов, мм	1,6-3,2	1,6-3,2	1-2,4	1,6-3,2	1,6-3,2
КПД, %	85	85	85	85	80
Степень защиты	IP21S	IP21	IP21S	IP21	IP21
Импульсный режим	есть	есть	есть	нет	есть
Режим 4Т/2Т	есть	есть	есть	нет	есть
Высокочастотный бесконтактный поджиг	есть	есть	есть	есть	есть
Цифровой дисплей	есть	есть	есть	есть	есть
Приблизительная цена (руб)	33320	37850	16720	15200	26400

После проведения сравнительного анализа характеристик, был выбран наиболее подходящий источник питания: Grovers TIG 200 DC Pulse.

Данный инверторный сварочный аппарат по сравнению с остальными, согласно характеристикам, заявленным заводом-изготовителем, имеет:

- падающую внешнюю вольтамперную характеристику;
- род тока: постоянный обратной полярности;
- наименьшую потребляемую мощность;
- наивысшее напряжение холостого хода (67В), что способствует лучшему поджигу дуги;
- большой диапазон регулирования сварочного тока (от 5А);
- предварительный продув газа перед сваркой.

При практическом сравнении источников питания приведенных в таблице выявились следующие преимущества аппарата Grovers TIG 200 DC Pulse:

- стабильный поджиг;
- точная регулировка и стабильное поддержание сварочного тока;
- плавное гашение тока после сварки, без резкого обрыва дуги;

Вывод: Проанализировав полученные данные, считаю наиболее подходящим для сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа сварочный аппарат Grovers TIG 200 DC Pulse.

## 9 Технология изготовления изделия

### 9.1 Заготовительные операции

Все сварочные материалы должны проходить входной контроль. До начала работ проверяется наличие сертификатов (паспортов), а также соответствие обозначений в них указанных и маркировки (клейм) сварочных материалов.

При отсутствии клейм, маркировки, сертификатов (или других документов, удостоверяющих их качество) сварочные материалы к сборке и сварке не допускаются. [18]

Проводится визуальный контроль поверхности свариваемых листов, при котором выявляются недопустимые дефекты, вид и размеры которых определяются техническими условиями на поставку листов.

Листы с недопустимыми дефектами на изготовление обечайки не допускаются.

На поверхности листов не допускаются:

- царапины, риски и задиры глубиной более 0,2мм;
- местные перегибы, гофры и вмятины.
- трещины, рванины, закаты любых размеров;

Ширина заготовки обечайки равна окружности диаметра ротора +1мм, а длина равна длине ротора +1мм.

После рубки следует проверить параллельность свариваемых торцов листов по угольнику.

### 9.2 Технологический процесс сборки и сварки

Технология сборки и сварки описана в комплекте технологической документации ФЮРА.02042.00015 в приложении А.



### 9.3 Сварочные напряжения и деформации

В процессе сварки и при остывании металла в нем возникают напряжения, вызванные неравномерным нагревом основного и наплавленного металлов, усадкой металла, структурными изменениями в металле из-за нагрева и быстрого охлаждения. Внутренние напряжения способствуют деформации, короблению или разрушению сварного изделия.

Деформация — изменение размеров и формы изделия под действием механических усилий или температурного воздействия.

Существенное влияние на величину деформации оказывает значение коэффициента линейного расширения металла. При его повышении увеличивается величина остаточных деформаций. Аустенитные стали, к которым относится сталь 12х18н10т, имеют больший коэффициент линейного расширения, чем у низкоуглеродистых сталей [19].

При однопроходной сварке пластин в стык образуются временные поперечные напряжения вследствие перемещения свариваемых кромок, кромки после сближения и сваривания стремятся вернуться в свое исходное положение. Если сваривать обечайку с малой скоростью, то уже в процессе сварки металл остывает достаточно сильно и последующий участок шва вследствие поперечной усадки испытывает напряжения растяжения. На образование поперечных напряжений оказывают влияние также размеры свариваемых пластин и прихватки. В процессе сварки тонколистовых пластин могут происходить наиболее неблагоприятные случаи образования растягивающих поперечных напряжений, которые достигают предела текучести и вызывают пластические деформации:

- заварка коротких прерывистых швов в пластинах, собранных без зазора. Локальное поперечное сокращение металла при значительном сопротивлении со стороны остальных участков создает большие растягивающие напряжения. В прерывистых швах на концах участков где

имеются концентраторы напряжений в виде щели, значительно расходуется пластичность металла, вплоть до появления хрупкого разрушения.

- концы швов, сварочные кратеры, если сварка производится медленно при достаточно сильном отводе тепла в подкладную пластину, являются местом образования растягивающих напряжений.

Основные методы борьбы с деформациями и напряжениями:

- применение оптимального теплового режима сварки, при котором зона нагрева свариваемых деталей (ширина активной зоны) минимальна.

- избежание скрепления узлов и деталей прихватками, создающими жесткое закрепление.

- использование сборочных приспособлений. При этом сборочные приспособления должны обеспечивать свободное перемещение деталей по направлению поперечной усадки и задерживать их повороты, т.е. препятствовать угловой деформации.

- предварительное взаимное расположение деталей с учетом их будущей деформации. Выставление предварительного зазора. [19]

#### 9.4 Дефекты, возникающие при сварке тонколистового металла

Прожоги - пустоты в шве, образовавшиеся в результате вытекания сварочной ванны. Возникают при: избыточном токе, изменении положения (наклона) электрода или изделия, увеличении зазора между свариваемыми кромками и неплотном прилегании подкладки к свариваемым листам, углубление дуги до корня шва с созданием значительного напора в сварочной ванне. Прожоги являются недопустимым дефектом сварного соединения. При сварке тонкого металла иногда образуются специфические дефекты, не связанные с вытеканием сварочной ванны, но внешне похожие на прожоги [20].

Непровар - отсутствие расплавления основного металла и, следовательно, соединения деталей по части толщины свариваемого металла.

Непровар снижает величину рабочего сечения шва и приводит к значительной концентрации напряжений.

Наиболее эффективными методами борьбы с данными видами дефектов является применение сварки с отбортовкой кромок или сварка на медной подкладке, соблюдение требуемых сварочных режимов.

Кратеры – усадочная раковина в конце валика сварного шва, в результате резкого обрыва дуги. Кратеры снижают прочность шва из-за уменьшения его сечения. В них могут находиться усадочные рыхлости, способствующие образованию трещин [20].

Наиболее эффективным методом борьбы с кратерами является применение плавного гашения сварочной дуги.

Поры - это заполненные газами полости, возникающие из-за интенсивного газообразования внутри металла, при котором газовые пузырьки остаются в металле после его затвердевания. Возникновению пор способствует слишком высокая скорость сварки, из-за которой газы не успевают выйти наружу, наличие загрязнений и посторонних веществ на поверхности свариваемого металла [20].

Причиной образования распространенного дефекта в виде образования «пилообразного шва» при сварке соединений из тонколистовых металлов является дискретность перемещения анодного пятна (п. 4.6; рисунок б).

При АДС так же возникает высокое пиковое значение давления дуги на сварочную ванну, которое является причиной образования бугров, раковин, газовых полостей и подрезов. Это происходит вследствие того, что скорость центрального потока жидкого металла в ванне прямо пропорциональна скорости сварки. При высоких значениях скорости под действием давления дуги расплавленный металл отбрасывается в хвостовую часть ванны в основном по ее продольной оси. В результате в этой зоне оказывается избыток расплавленного металла, который из-за быстрого остывания и увеличения

вязкости не успевает распределиться по ширине шва до полного затвердевания [21].

Снизить количество напряжений и дефектов, повысить качество сварного соединения возможно с помощью применения импульсного режима сварки, повышения пространственной устойчивости дуги.

## 9.5 Технический контроль качества и исправление брака

Визуально-измерительному контролю подвергаются все сварные соединения.

Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от брызг, окалины и других загрязнений.

Для участков требующих уточнения характеристик обнаруженных дефектов применяются лупы четырех-семи кратного увеличения [18].

Визуальный контроль проводится с целью выявления недопустимых дефектов, таких как непровары; трещины всех видов и направлений; смещение кромок; кратера; прожоги; скопления и включения пор. [20]:

Измерительный контроль сварных соединений (определение отклонений геометрических размеров швов, чешуйчатость поверхности швов) следует выполнять в местах, где допустимость этих показателей вызывает сомнения при визуальном контроле. Размеры и форма шва проверяются с помощью шаблонов, а размеры дефекта с помощью мерительных инструментов [18].

Контроль проводится сварщиком после зачистки поверхности. Результаты контроля считаются удовлетворительными, если не обнаружены недопустимые внутренние и наружные дефекты, а также дефекты, свидетельствующие о нарушении режима сварки или о недоброкачественности сварочных материалов. При обнаружении недопустимых дефектов руководитель сварочных работ должен решать вопрос о продолжении сварки или способе исправления дефектов.

После проведения визуального и измерительного контроля и отсутствия видимых дефектов, требуется проведение цветной дефектоскопии сварных соединений.

## 10 Сборочно-сварочное оборудование

Сборочно–сварочное оборудование – это дополнительные технологические устройства, используемые для выполнения операций сборки, сварки, устранения или уменьшения напряжений и деформаций.

### 10.1 Сборочно-сварочное приспособление

При изготовлении обечайки защитной гильзы ротора используется стационарное прижимное приспособление.

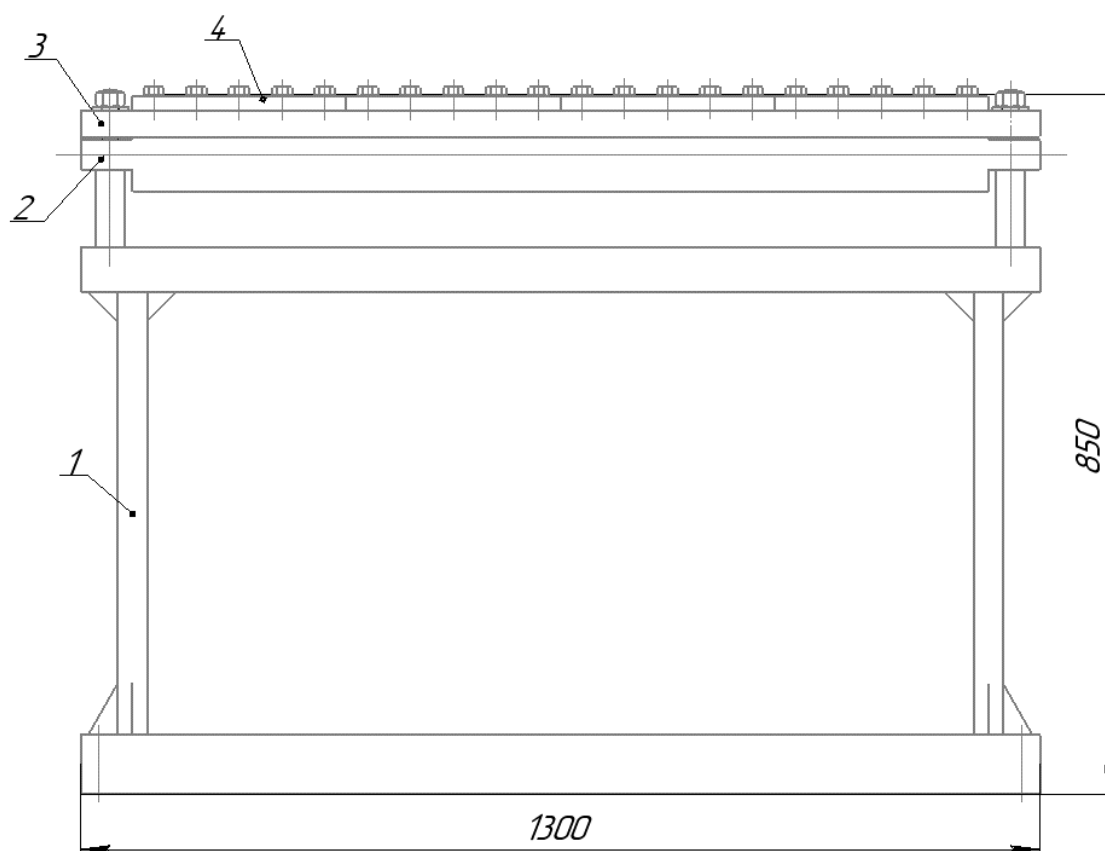


Рисунок 7. Сборочное приспособление. 1 - станина; 2 - балка (с теплоотводящей медной подкладкой); 3 – рамка; 4 - прижимные пластины.

Данное приспособление позволяет осуществлять сварку обечайки диаметром от 50 до 300 мм и длиной от 10 до 1200 мм.

Сборочно-сварочное приспособление обеспечивает:

- отвод тепла из зоны сварки;

- точность сборки, возможность регулировать зазор между краями обечайки;
- удобный доступ к местам сварки;
- надежное закрепление свариваемого изделия прижимами для исключения раскрытия стыков, изменения превышения кромок, надежной теплоотдачи;
- ограничивает образование обратного валика.

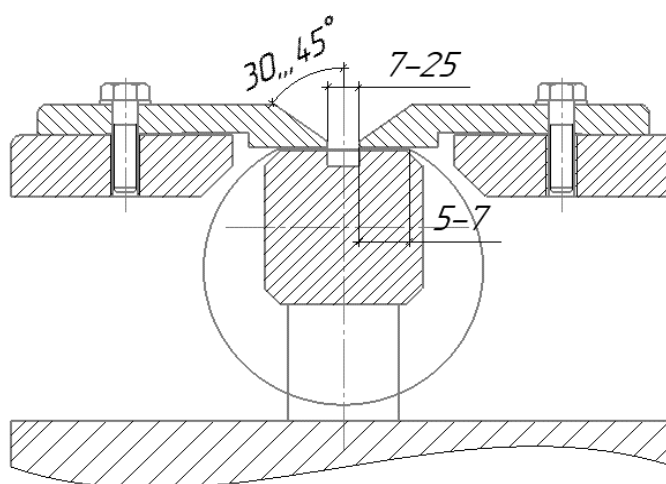


Рисунок 8 – Схема закрепления обечайки при сварке

## 10.2 Стойка-манипулятор

Для крепления сварочной горелки и ее перемещения вдоль свариваемого шва используется консольная стойка-манипулятор.

Таблица 9 – Технические характеристики головки для АДС

Номинальный сварочный ток при ПВ=60%, А	300
Номинальное напряжение питающей сети, В	380
Диаметр вольфрамового электрода, мм	1-5
Диапазон регулирования скорости сварки, м/ч	8-80
Вертикальное перемещение горелки, механизированное, мм	200
Горизонтальное перемещение горелки, мм	1300
Угол наклона горелки в плоскости сварки, град.	±90

### 10.3 Пружинные прижимы

В данное время фиксация прижимов на сборочно-сварочном приспособлении происходит с помощью болтового соединения (в количестве 40 штук). При каждой установке обечайки болты необходимо закручивать, заново подбирая нужное усилие прижима, после сварки прижимы приходится ослаблять для снижения напряжения на прижимную плиту.

В следствии этого большое время при установке обечайки в приспособление уходит на фиксирование этих болтов и выставлении правильного усилия прижима.

Замена болтовых прижимов на пружинно-болтовые позволит сэкономить время на закручивание-раскручивание, выставление нужного усилия прижима, приведет к более равномерному усилию прижима по всей длине обечайки.

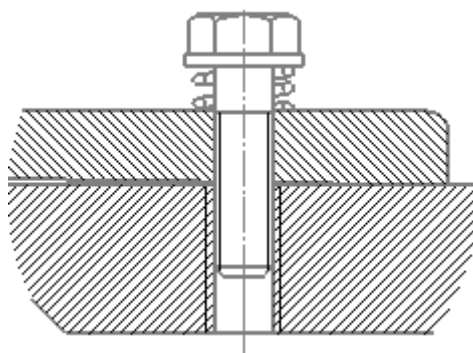


Рисунок 9 – Пружинный прижим

Давление клавиш прижима на свариваемый материал, в соответствии с данными [22], должно быть не менее  $2 \text{ кГс/см}^2$ .



# 11 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

## 11.1 Предпроектный анализ

Для того чтобы разработать новый технологический процесс приходится учитывать множество факторов. Целью экономической части выпускной квалификационной работы является анализ процесса с экономической точки зрения.

В данном разделе производится анализ конкурентных технических решений в части технологического процесса сборки и сварки защитной гильзы ротора насосов ЦГ, планирование научно-исследовательской работы.

### 11.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Результаты исследования могут быть применены на предприятиях, занимающихся ремонтом центробежных герметичных насосов для пищевой, химической, нефтяной, топливно-энергетическом отрасли. Данный тип насосов применяется для перекачки сжиженных газов, взрывоопасных, химически активных, токсичных и агрессивных жидкостей.

Сегментируем рынок применения насосов ЦГ в зависимости от отрасли, размера компании и уровня потребления продукции. Карта сегментирования представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Карта сегментирования по отраслям промышленности

Параметр		Отрасль			
		Пищевая	Фармацевтическая	Нефтяная	Нефтехимическая
Размер компании	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				
Уровень потребления	Высокий				
	Средний				
	Низкий				
ПАО Сибур		ООО «Томское молоко»		ООО НПО «Мипор»	ОАО Востокгазпром

Из таблицы видно, что основными сегментами являются крупные компании нефтехимической промышленности со средним уровнем применения насосов ЦГ. Следовательно, эти компании являются наиболее заинтересованными в результатах исследования.

#### 11.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

С помощью анализа конкурентных технических решений, проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки и определим направление для ее реализации.

В данное время на Российском рынке имеются следующие компании, составляющие конкуренцию в сфере сварки защитных гильз роторов для насосов ЦГ:

АО «Молдовагидромаш» является одним из самых крупных производителей насосов стран восточной Европы. Производство находится в городе Кишинев, Республика Молдова.

Изготовление защитных гильз роторов осуществляется автоматической сваркой плавящимся электродом в среде защитного газа. Данный способ сварки позволяет снизить трудозатраты на производство, повысить качество сварного соединения, но влечет за собой дополнительные расходы на дорогое оборудование и расходные материалы.

Преимущества данного предприятия:

- производство располагает большими технологическими возможностями, имея в своем составе всевозможные цеха и участки, позволяющие выпускать насосное оборудование с нулевого цикла;
- большой опыт в производстве насосов ЦГ, высококвалифицированный персонал;
- большой налаженный рынок сбыта;
- наличие сертификации на продукцию.

Недостатками данного предприятия являются:

- нахождение предприятия за территорией России, что влечет за собой сложную логистику, таможенные пошлины, высокие транспортные расходы, большое время простоя ремонтируемого оборудования;
- высокая цена на изделие.

ООО "НПЦ Насосремонтаж". Главной деятельностью предприятия является капитальный ремонт герметичных насосов пр-ва АО «Молдавгидромаш», насосов типа ЦГ, ХГ, НГ, ЦНГ, БЭН, а также немецких герметичных насосов HERMETIC-Pumpen типа CN, CNPF, CNP, CAM и других импортных аналогов. Предприятие располагается в городе Санкт-Петербурге, Россия.

Изготовление защитных гильз роторов осуществляется ручной дуговой сваркой неплавящимся электродом в среде защитных газов. Данный способ позволяет снизить расходы на дорогостоящее оборудование, но повышает трудозатраты и требование к квалификации рабочего персонала.

Преимущества данного предприятия:

- в распоряжении предприятия имеется технически оснащенная ремонтная база, позволяющая проводить ремонт насосов любой сложности в кратчайшие сроки, а также срочный аварийный ремонт;
- на каждый насосный агрегат прошедший капитальный ремонт устанавливается гарантийный срок не менее 1 года с момента ввода насоса в эксплуатацию и 1,5 года с учетом хранения.

Недостатки:

- низкое качество сварного соединения защитной гильзы ротора насосов ЦГ;
- предприятие находится на значительной удаленности от Томской области, что влечет за собой дополнительные транспортные и временные расходы;
- высокая стоимость изготовления.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле [23]:

$$K = \sum B_i \times B_i; \quad (9)$$

где:  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Оценочная карта представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентноспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1 Повышение производительности труда пользователя	0,1	5	5	2	0,5	0,5	0,2
2 Удобство в эксплуатации	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
3 Энергоэкономичность	0,15	5	5	3	0,75	0,75	0,45
4 Надежность	0,1	4	4	2	0,4	0,4	0,2
5 Безопасность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1 Конкурентоспособность	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
2 Уровень проникновения на рынок	0,1	2	5	4	0,2	0,5	0,4
3 Цена	0,1	5	2	4	0,5	0,2	0,4
4 Послепродажное обслуживание	0,05	5	2	3	0,25	0,1	0,15
5 Наличие сертификации разработки	0,05	3	5	1	0,15	0,25	0,05
Итого	1	42	40	29	4,3	4,1	3

Примечание: Б<sub>к1</sub> – АО «Молдовагидромаш»; Б<sub>к2</sub> – ООО "НПЦ Насосремонтж".

Исходя из полученных данных, основное преимущество перед другими компаниями является (при сравнительно невысокой стоимости оборудования и реализации данного исследования): значительное снижение трудозатрат, транспортных расходов, стоимость изготовления.

## 11.2 Планирование управления проектом

### 11.2.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить линейный график выполнения проекта. График представлен в таблице 12.

Таблица 12 - Распределение этапов работы

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель,
	5	Календарное планирование работ	студент
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение установки	
Практические исследования	9	Сварка контрольных образцов исследуемыми методами.	Студент
	10	Изучение результатов проведенной сварки	
Оценка полученных результатов	11	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	12	Выводы по цели	Научный руководитель, студент

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования

формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю.

### 11.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Работа над ВКР проводилась с 12 января 2018 года по 20 мая 2018 года. В итоге, при пятидневной рабочей неделе с учетом выходных и праздничных дней получается 90 рабочих дней.

Трудоемкость работ определяется по сумме трудоемкости этапов работ, оцениваемых экспериментальным путем в человеко-днях. Она носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов. Поэтому для определения ожидаемой продолжительности работ  $t_{ож}$  используется метод вероятностных оценок длительности работ. Он основан на использовании трех оценок [23].

$$t_{ож} = \frac{t_{min} + 4t_{нв} + t_{max}}{6}, \quad (10)$$

где:  $t_{min}$  – кратчайшая продолжительность заданной работы (оптимистическая оценка),

$t_{max}$  – самая большая продолжительность работы (пессимистическая оценка),

$t_{нв}$  – наиболее вероятная продолжительность работы.

Для оценки трудоемкости необходимо разработать перечень работ.

Выбор комплекса работ при разработке проекта производится в соответствии с ГОСТ 19.102-77 устанавливающего стадии разработки. Перечень комплекса работ приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Временные показатели проведения научного исследования

№ работ	Вид работ	Исполнители	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
			$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$	$t_p$	$t_k$
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	3	1,8	2	4
2	Выдача задания на тему	Руководитель	1	3	1,8	2	4
3	Постановка задачи	Руководитель	1	3	1,8	2	4
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель Студент	2	6	3,6	2	4
5	Поиск и изучение материалов по теме	Студент	7	14	9,8	10	20
6	Анализ существующего опыта	Студент	4	8	5,6	6	10
7	Подбор нормативных документов	Студент	4	8	5,6	6	10
8	Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель Студент	2	12	6	3	6
9	Разработка технологической документации	Студент	3	6	4,2	4	7
10	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	2	4	2,8	3	6
12	Работа над выводом	Студент	1	4	2,2	3	6
13	Составление пояснительной записки	Студент	1	4	2,2	3	6
Руководитель							12
Студент							87

Таким образом, общая длительность работ в календарных днях (руководителя – 12 дн., инженера – 87 дн., совместной работы – 10 дн.) равна 90 дн. На основании таблицы 9 строим календарный план-график, который отражает длительность исполнения работ в рамках проектной деятельности (таблица 14).



Таблица 14 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ Ра- бот	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ								
				март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель										
2	Выдача задания на тему	Руководитель		■								
3	Постановка задачи	Руководитель			■							
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель Студент			■							
5	Поиск и изучение материалов по теме	Студент	0		■							
6	Анализ существующего опыта	Студент	0					■				
7	Подбор нормативных документов	Студент	0					■				
8	Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель Студент						■				
9	Разработка технологической документации	Студент						■				
10	Оценка эффективности полученных результатов	Студент								■		
12	Работа над выводом	Студент										■
13	Составление пояснительной записки	Студент									■	

■

—студент;

■

—руководитель.

### 11.2.3 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

#### 11.2.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Перечень стоимости сварочного оборудования и материалов необходимых для данной разработки приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Основные материалы

Наименование	Ед. изм	Кол-во	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб.
Горелка аргонодуговой сварки АГНИ-16М	шт	1	9100	9100
Газовый баллон	шт	1	7000	7000
Редуктор	шт	1	1500	1500
Газовые шланги 5м	шт	1	1000	1000
Зажим на деталь с кабелем 8 м	шт	1	2400	2400
Электрод WY-20 1,6мм	шт	1	76	76
Итого				21076

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

#### 11.2.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данном разделе рассмотрены затраты на приобретение специального оборудования (сварочного и компьютерного). Стоимость оборудования указана в таблице 16.

Таблица 16 – Стоимость специального оборудования

Наименование	Кол- во	Цена ед., руб.	Сумма, руб.
Сварочный аппарат Grovers TIG 200 DC Pulse	1	37850	37850
Сварочная колонна/манипулятор	1	11480	11480
Затраты на доставку и монтаж	1	7400	7400
Итого			56730

Затраты на доставку и монтаж составляют 15% от общей цены оборудования [23].

$$C_{д.м.} = 0,15 \cdot C_{общ}; \quad (11)$$

где:  $C_{д.м.}$  – затраты на доставку и монтаж, руб,

$C_{общ}$  – затраты на оборудование, руб.

$$C_{д.м.} = 0,15 \cdot 49330 = 56730 \text{ руб.}$$

### 11.2.3.3 Амортизационные отчисления

Амортизационные отчисления определим по формуле [23]:

$$C_A = \sum_{i=1}^n \frac{Ц_B \cdot H_A \cdot g \cdot t}{\Phi_{эф}}, \quad (12)$$

где: n – количество видов единиц оборудования,

$Ц_B$  – балансовая стоимость i-го вида оборудования,

$H_A$  – норма годовых амортизационных отчислений для оборудования,

g – количество единиц i-го вида оборудования,

t – время работы i-го вида оборудования, час,

$\Phi_{эф}$  – эффективный фонд времени работы оборудования, час.

Эффективный фонд времени работы оборудования определяется по формуле [23]:

$$\Phi_{эф} = D \cdot H_z, \quad (13)$$

где: D – количество рабочих дней в году,

$H_3$  – норматив среднесуточной загрузки.

$$\Phi_{\text{эф}} = 246 \cdot 8 = 1968 \text{ час.}$$

В нашем случае при разработке использовалось две единицы оборудования – компьютер и сварочный аппарат. Балансовая стоимость сварочного аппарата -  $C_B = 37850$  руб. Количество сварочных аппаратов  $g = 1$ . Время работы за сварочным аппаратом  $t = 8$  часов. Норма годовых амортизационных отчислений для сварочного аппарата  $H_A = 20\%$ .

Тогда амортизационные отчисления на разработку проекта составят [23]:

$$C_A = \frac{37850 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 8}{1968} = 31 \text{ руб.}$$

#### 11.2.3.4 Расчет фонда заработной платы

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом [54]. Для техника (студента) месячный оклад составляет  $З_{\text{от}} = 6595$  руб/мес, для руководителя (доцента ЭИ) -  $З_{\text{бп}} = 33162$  руб/мес.

Заработная плата рассчитывается по формуле [23]:

$$C_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}, \quad (14)$$

где:  $З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$З_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $З_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле [23]:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (15)$$

где:  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневную заработную плату можно рассчитать по формуле [23]:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}}}{T}, \quad (16)$$

где:  $З_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$T$  – количество рабочих дней в месяце. Принимаем 6- дневную рабочую систему, значит  $T=26$  дней.

Месячный должностной оклад работника [23]:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (17)$$

где:  $З_{\text{б}}$  – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Теперь рассчитываем месячную заработную плату работников проекта:

$$З_{\text{мт}} = 6595 \cdot 1,3 = 8573,5 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{мп}} = 33162 \cdot 1,3 = 43110,6 \text{ руб.}$$

Определяем среднедневную заработную плату:

$$З_{\text{дн.т}} = \frac{8573,5}{26} = 329,75 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{дн.п}} = \frac{43110,6}{26} = 1658,1 \text{ руб.}$$

Основную заработную плату определим с допущением, что на данный проект его работники затратили 90 полных рабочих дней (8 часов в день):

$$З_{\text{осн.т}} = 329,75 \cdot 90 = 29677 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{осн.п}} = 1658,1 \cdot 90 = 149229 \text{ руб.}$$

Результаты расчета фонда заработной платы представлены в таблице 17.

Таблица 17 - Фонд заработной платы

Исполнитель	Число исполнителей	Трудоемкость выполнения работы Тисп, д	Зарботная плата по тарифной ставке руб./мес.	Среднедневная заработная плата, руб	Основная заработная плата исполнителя ЗПосн, руб.	Месячный должностной оклад, руб
Студент (техник)	1	90	6595	329,75	29677	8573,5
Руководитель (доцент)	1	90	33162	1658,1	149229	43110,6
Итого:	2	180			178906	

#### 11.2.3.5 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы [23]:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} , \quad (18)$$

где:  $З_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплат;

$З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

Принимаем коэффициент дополнительно зарплат равным 0,1 и получаем:

$$З_{\text{доп.т}} = 0,1 \cdot 29677 = 2967 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп.т}} = 0,1 \cdot 149229 = 14922 \text{ руб.}$$

#### 11.2.3.6 Расчет отчислений во внебюджетные фонды

Также необходимо рассчитать отчисления во внебюджетные фонды (социальные нужды) по формуле [23]:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) , \quad (19)$$

где:  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Принимаем  $k_{\text{внеб}}=0.302$ .

$$C_{\text{внеб.т}}=0,302 \cdot 29677=8962 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{внеб.п}}=0,302 \cdot 149229=45067 \text{ руб.}$$

#### 11.2.3.7 Расчет накладных расходов

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле [23]:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot \left( \frac{C_{\text{мат}}}{7} \right), \quad (20)$$

где:  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Принимаем  $k_{\text{накл}}=0.16$ .

$$C_{\text{накл.т}}=0,16 \cdot 328661/7=7512 \text{ руб.}$$

#### 11.2.3.8 Формирование бюджета затрат НТИ

Расчет сметы затрат на разработку приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Смета затрат на разработку технологического процесса

Статья затрат	Сумма затрат, руб.
Материальные затраты НТИ	21076
Специальное оборудование для научных работ	56730
Амортизационные отчисления	31
Фонд заработной платы	178906
Дополнительная заработная плата	17889
Отчисления во внебюджетные фонды	54029
Накладные расходы	7512
Итого	336173

## 12 Социальная ответственность

Работы производятся в закрытом помещении ремонтно-механического цеха централизованного ремонтного производства ООО «Томскнефтехим».

Освещение осуществляется двумя окнами, расположенными в стенах здания, а также восьмью светильниками, расположенными непосредственно над участком. Стены цеха выполнены из железобетонных блоков, окрашены в светлые тона.

При сборке и сварке защитной гильзы ротора насоса ЦГ осуществляются следующие операции: заготовительные слесарные операции, сборка и сварка в среде защитного газа.

Для сборки и сварки защитной гильзы ротора используется следующее оборудование:

Комбинированный механический станок METALMASTER GBR Manual 1310	1 шт.;
Сварочный инвертор Grovers TIG 200 DC Pulse	1 шт.;
Приспособление сборочно-сварочное	1 шт.;

В качестве основного материала используют сталь марки 12х18н10т. Сварка производится в среде аргона. Без использования присадочного материала.

Перемещение изделия производится вручную.

На случай пожара цех оснащен запасным выходом и системой противопожарной сигнализации. Все работы производятся на участке с площадью  $S = 83,32 \text{ м}^2$ .



## 12.1 Производственная безопасность

### 12.1.1 Анализ вредных и опасных факторов на рабочем месте

Работу по сборке и сварке защитной гильзы ротора, можно разделить на два этапа. Первый этап – подготовка к сборке. Этот этап проводится с помощью слесарных инструментов и оборудования. Второй этап: сборка и сварка обечайки защитной гильзы. При работе используется сварка, слесарный инструмент. Идентифицированные опасные и вредные факторы, характерные для данных этапов работ представлены в таблице 19 [24].

Таблица 19 - Опасные и вредные факторы при осуществлении сборки и сварки защитной гильзы ротора насоса ЦГ.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Заготовительные работы			
1 Рубка заготовки на ножницах гильотинных механических 2 Гибка обечайки на механических вальцах;	1 Отклонение показателей микроклимата в закрытом помещении; 2 Превышение уровней шума и вибрации; 3 Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения;	1 Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; 2 Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов;	ГОСТ 12.1.005-88 ГОСТ 12.1.003-2014 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 СП 52.13330.2011 СанПиН 2.2.4.3359-16 СанПиН 2.2.4-548-96 ПОТ Р М-006-97
Сварочные работы			
1 Сборка обечайки под сварку в приспособлении; 2 Сварка обечайки защитной гильзы ротора.	1 Отклонение показателей микроклимата в закрытом помещении; 2 Превышение уровней шума и вибрации; 3 Поступление в зону дыхания сварочных аэрозолей; 4 Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения.	1 Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях; заготовок, инструментов; 2 Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; 3 Яркость сварочной дуги, УФ- и ИК-радиация; 4 Газ аргон; 5 Баллоны, находящиеся под давлением; 6 Электрический ток.	ГОСТ 12.1.005-88 ГОСТ 12.1.003-2014 ГОСТ 12.01.004-91ССБТ ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ СП 52.13330.2011 СанПиН2.2.4/2.1.8.562-96 СанПиН 2.2.4.3359-16 СанПиН 2.2.4-548-96 ПП РФ N 390

### 12.1.2 Производственный шум

Производственный шум возникает в процессе работы механизмов, оборудования, инструментов (например, вентиляционных систем, станков, слесарных и сварочных работ).

Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003–83 и СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

Допускается эквивалентный уровень шума на рабочих местах от 80 до 85 дБА при условии подтверждения приемлемого риска здоровью работающих по результатам проведения оценки профессионального риска здоровью работающих, а также выполнения комплекса мероприятий, направленных на минимизацию рисков здоровью работающих [25].

При работе в слесарно-сварочном цехе средствами индивидуальной защиты от шума являются ушные вкладыши и наушники. Эффективность индивидуальных средств защиты зависит от используемых материалов, конструкции, силы прижатия, правильности ношения. Ушные вкладыши вставляют в слуховой канал уха. Их изготавливают из легкого каучука, эластичных пластмасс, резины, эбонита и ультратонкого волокна. Они позволяют снизить уровень звукового давления на 10...15 дБ. В условиях повышенного шума рекомендуется применять наушники, которые обеспечивают более надежную защиту органов слуха [25].

### 12.1.3 Освещение

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

Неудовлетворительное освещение может исказить информацию, получаемую посредством зрения; кроме того, оно утомляет не только зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Неправильное освещение может явиться причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы и блики от них, резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю ориентации работающих. Кроме того, при неудовлетворительном освещении снижается производительность труда и увеличивается брак продукции.

Естественное и искусственное освещение в производственных помещениях регламентируется нормами СП 52.13330.2011 в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном.

Искусственное освещение нормируется количественными (минимальной освещенностью) и качественными показателями (показателями ослепленности, коэффициентом пульсации освещенности).

Во всех производственных помещениях, в которых постоянно пребывает человек, должно быть предусмотрено естественное освещение, создаваемое светом неба. Коэффициент естественной освещенности (КЕО), для таких помещений, должен быть не менее 0,8% [26].

Согласно СП 52.13330.2011: норма общей освещенности в производственном здании при выполнении сварочных работ составляет 200лк, показатель ослепленности не более 40, а коэффициент пульсации не более 20%. При совмещенном верхнем или комбинированном освещении КЕО для таких помещений равен 1,8%.

#### 12.1.4 Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция

Микроклимат в производственном помещении и на рабочем месте оказывает существенное влияние на самочувствие работающего. Значительные колебания микроклимата могут приводить к перегреву или переохлаждению организма, что снижает производительность труда и влечет за собой заболевания и травматизм.

Нормы производственного микроклимата, установлены системой стандартов безопасности труда СанПиН 2.2.4.548-96 «Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Важнейшими мероприятиями по нормализации микроклимата в производственных помещениях и в зонах рабочих мест являются: отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

В сварочных цехах на стационарных рабочих постах, а также, где это возможно, на нестационарных постах следует устанавливать местные отсосы.

В металлических шкафах для хранения баллонов со сжиженным газом должна быть предусмотрена естественная вентиляция через верхние и нижние части помещений или шкафов [26].

Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ, приведена в таблице 20.

Таблица 20 - Оптимальные и допустимые значения микроклимата для категории работ Пб [26]

Процессы	Влажность, %	Температура, Цельсия	Скорость, м/с
Оптимальные:			
Холодный	60-40	17-19	не более 0,2
Теплый	60-40	19-21	не более 0,2
Допустимые			
Холодный	15-75	15-22	не более 0,5
Теплый	15-75	16-27	не более 0,5

При наличии теплового облучения работающих, температура воздуха на рабочих местах для категории работ Пб не должна превышать 21°C.

Количество вредных веществ, локализуемых местными отсосами, составляет для вытяжных шкафов не более 90%, а для местных отсосов других видов не более 75%. Оставшиеся количество вредных веществ (10-20%) должно разбавляться до ПДК с помощью общеобменной вентиляции.

Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены в таблице 21.

Таблица 21 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые выделяются в воздухе при сварке металлов [27]

Название	Вещество ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>
Твердая составляющая сварочного аэрозоля	
Марганец (при его содержании в сварочном аэрозоле до 20%)	0,2
Железа оксид	6,0
Кремний диоксид	1,0
Хром (III) оксид	1,0
Хром (VI) оксид	0,01
Газовая составляющая сварочного аэрозоля	
Азот диоксид	2,0
Марганец оксид	0,3
Озон	0,1
Углерода оксид	20,0
Фтористый водород	0,5/1,0

Очистка воздуха от аэрозолей осуществляется с помощью специального оборудования различных конструкций в зависимости от размеров частиц пыли: грубая очистка (10 ... 50 мкм), среднее (более 1 мкм) и тонкие (менее 1 мкм). Для улавливания сварочных аэрозолей в системах вентиляции и фильтровентиляционных агрегатах применяются электростатические, тканевые, бумажные и комбинированные фильтры [27].

### 12.1.5 Ультрафиолетовое излучение (УФИ)

Горение сварочной дуги сопровождается излучением ослепительно ярких световых лучей и невидимых глазом УФ и ИК лучей. Спектр излучения включает участок ИК волн (3430-760 нм), видимый участок (760-400 нм) и УФ участок (400-180 нм).

Видимые световые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологически переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи обладают главным образом тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги. При современных способах сварки тепловая радиация на рабочем месте может составлять 0,5-6 кал/см<sup>2</sup>\*мин. Источниками тепловой радиация являются дуга и в меньшей степени нагретый металл.

Для защиты от излучения используются сварочные маски и щитки конструкция масок должна соответствовать ГОСТ 12.4.035-78 и ТУ 3441-003-07515055-97. Система стандартов безопасности труда. Щитки защитные лицевые для электросварщиков.

### 12.1.6 Правила обращения с баллонами для сжатых и сжиженных газов

Аргон не имеет цвета и запаха. Не оказывает опасного воздействия на окружающую среду. Газообразный аргон тяжелее воздуха и может накапливаться в слабо проветриваемых помещениях у пола. При этом снижается содержание кислорода в воздухе, что вызывает кислородную недостаточность и удушье.

Не следует допускать падения баллонов, а также ударов их друг о друга и различными предметами.

Устанавливать баллоны следует на расстоянии не менее 5 м от очагов с открытым огнем. В летнее время их необходимо защищать от нагрева солнечными лучами брезентом или другими средствами.

Перемещать баллоны на небольшое расстояние разрешается перекачиванием их в слегка наклонном положении; переносить баллоны на руках или на плечах запрещается.

Перемещать баллоны на большие расстояния внутри предприятия или цеха можно только на специально приспособленных для этой цели ручных тележках или на специальных носилках.

Отбор газа из баллона следует производить только через редуктор, предназначенный для данного газа и окрашенный в соответствующий этому газу цвет.

Перед присоединением редуктора необходимо продуть штуцер баллонного вентиля, для чего поворотом маховика на 0,25-0,5 оборота открыть баллон и снова закрыть его; при этом нельзя находиться против штуцера вентиля, а также пробовать струю газа рукой.

Открывать вентиль баллона рекомендуется плавно, без рывков. Если открыть вентиль от руки не удастся, следует пользоваться специальным ключом. Баллоны, которые не открываются, нужно сдать на склад, предварительно прикрепив к ним бирку с надписью: «Неисправен». Закрывать вентиль ключом не следует.

#### 12.1.7 Правила безопасности при работе на механическом оборудовании и со слесарным инструментом

При работе на механическом оборудовании, работе со слесарным инструментом возможны порезы; защемления, захваты в движущихся частях механизмов; удары об твердые части оборудования и инструмента.

При выполнении слесарных работ необходимо соблюдать правила техники безопасности.



При выполнении работы нужно быть внимательным, не отвлекаться посторонними делами и разговорами и не отвлекать других.

Внимательно осмотреть место работы, привести его в порядок, убрать все мешающие работе посторонние предметы.

Проверить наличие и исправность инструмента, приспособлений и средств индивидуальной защиты (защитных очков, перчаток и т. п.).

При работе применять только исправные инструменты и приспособления.

При работе на ножницах или вальцах надежно зажимать деталь. При спуске рычага остерегаться удара по ноге и защемления руки между ножами или вальцами.

#### 12.1.8 Защита от поражения электрическим током

Все оборудование сварочных цехов и участков должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ), а также ГОСТ 12.1.007.0 - 75 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование электротехническое. Общие требования безопасности.» и ГОСТ 12.2.007.8 - 75 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование электросварочное и для плазменной обработки. Требования безопасности.» Эксплуатация оборудования должна соответствовать «Межотраслевым правилам труда при эксплуатации электрооборудования.». Кроме того, следует выполнять указания по эксплуатации и безопасному обслуживанию электросварочных установок, имеющих в инструкциях заводов изготовителей.

Во избежание поражения электрическим током необходимо, чтобы изоляция, подводящих линий электрододержателей была неповрежденной, выдерживала необходимое испытательное напряжение и подвергалась периодическим проверкам. Изоляция проводов должна быть защищена от повреждений при применении электросварочных проводов с поврежденной

оплеткой и изоляцией запрещается. При повреждении оплетки провода его следует заключать в резиновый шланг [28].

Корпус источника питания и корпус сварочной машины или установки необходимо заземлять. Для присоединения заземляющего провода на электросварочном оборудовании должен быть предусмотрен болт диаметром  $5\div 8$  мм, расположенный в доступном месте с надписью “Земля” (или условным обозначением “Земля”). Последовательное включение в заземляющий проводник нескольких заземляемых аппаратов запрещается [28].

## 12.2 Экологическая безопасность

### 12.2.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Сварка является одним из основных технологических процессов в машиностроении. Воздушная среда производственных помещений загрязняется сварочным дымом, в состав которого в основном входят аэрозоли металлов и их окислов (железа, марганца, хрома, вольфрама, алюминия, титана, цинка, меди, никеля и др.), газообразных фтористых соединений и многих других элементов. Кроме аэрозолей в состав дыма могут входить вредные газы: окиси углерода, азота и озона.

Попадая в атмосферу населенных пунктов, эти загрязнители способны вызвать кислотные дожди, повысить заболеваемость населения болезнями дыхательных путей, вызвать аллергию среди населения, нарушить работу важнейших органов и систем органов в организме человека [29].

### 12.2.2 Мероприятия по защите окружающей среды

Одним из наиболее совершенных видов очистки газов от взвешенных в них частиц пыли являются электрофилтры. Их принцип основан на ударной ионизации газа в зоне коронирующего заряда, передачи заряда ионов частицам примесей и осаждении последних на осадительных и коронирующих электродах, с которых они затем удаляются механически. Также широкое применение для очистки газов от частиц пыли получили сухие пылеуловители – циклоны [29].

Для очистки технологических и вентиляционных выбросов от газов и паров применяют адсорберы. Адсорбция представляет собой процесс поглощения газов или паров поверхностью твердых веществ – адсорбентов.

Адсорбенты, используемые в процессах очистки отходящих газов, должны удовлетворять следующим требованиям:

- иметь большую адсорбционную способность при поглощении

#### КОМПОНЕНТОВ

- при небольших концентрациях их в газовых смесях;
- обладать высокой селективностью; иметь высокую механическую прочность;
- обладать способностью к регенерации;
- иметь низкую стоимость.

В качестве адсорбентов наибольшее распространение нашли такие материалы, как активные угли, силикагели, алюмогели и цеолиты.

Проектируемые и внедряемые в сварочное производство машины, оборудование, технологии не должны в процессе эксплуатации вызывать вредные экологические последствия. При разработке и внедрении технологических процессов предпочтение должно отдаваться безотходным и малоотходным технологиям.

На сварочных участках существуют контейнеры. В них сваливают весь мусор, что накапливается за весь рабочий день. Существуют два вида контейнеров: для обычных отходов, и для металлических отходов. По мере заполнения контейнеров, их вынимают при помощи автопогрузчика и вывозят обычные отходы на свалку, металлические отходы на дальнейшую переработку.

### 12.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Согласно НПБ 105-03 сварочный цех относится к категории «Г» - умеренной пожароопасности.

При возникновении пожароопасной ситуации или пожара персонал должен немедленно принять необходимые меры для его ликвидации, одновременно оповестить о пожаре администрацию. Помещения с электрооборудованием должны быть оснащены огнетушителями типа ОУ-2 или ОУБ-3. На стене рядом с местом расположения огнетушителя должна находиться таблица с номерами телефонов экстренного вызова местной и городской пожарной команды [30].

В качестве дополнительных мер по предотвращению пожаров предлагается использовать автоматизированные системы оповещения и пожаротушения.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности. В этом случае действия персонала, должны быть определены следующими мерами защиты [30]:

- обнаружение поражающих факторов;
- оповещение персонала об опасности;
- защиту оборудования от воздействия поражающих факторов;
- эвакуацию персонала и материальных ценностей из зон опасности;
- использование средства коллективной защиты персоналом;

- использование персоналом средств индивидуальной защиты (СЗОД, СЗК, МСЗ).

Выводы из анализа по данному этапу:

- используются кнопки аварийного оповещения персонала;
- для защиты оборудования производится останов и обесточивание;
- для защиты персонала необходимо: установить систему сигнализации с выводом в диспетчерскую; установить систему оповещения персонала (по радио) и т.д.

- персонал должен быть обеспечен СИЗ (противогазы).

- помещения должны быть оборудованы планом эвакуации с указателями направления аварийных выходов и расположением средств пожаротушения.

Из выше проведенного анализа следует, что помещения цеха соответствует нормам ГО и ЧС. Оборудовано в полной мере средствами индивидуальной и коллективной защиты. В качестве дополнительной защиты производить систематический инструктаж с проверкой знаний по технике безопасности, предупреждения и действия персонала при чрезвычайных ситуациях, с записью в журналах инструктажа.

## 12.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Лица, поступающие на работу, связанную с электросваркой, должны проходить предварительные и периодические медицинские осмотры в соответствии с СП 1009-73 «Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов»

Согласно «Списка производств, цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право на дополнительный отпуск и сокращенный рабочий день», утвержденного постановлением Госкомтруда СССР и Президиума ВЦСПС от 25 октября 1974 г. № 298/П-22 (с изменениями на 29 мая 1991 года). Электросварщикам при работе в помещении полагается дополнительный отпуск продолжительностью не менее 12 дней.

В помещении где проводятся слесарно-сварочные работы должна находиться аптечка первой медицинской помощи, огнетушитель, ящик с песком [31].

Оно должно оборудоваться системой отопления в зимний период и охлаждения воздуха в летний период. Помещение должно иметь естественное и искусственное освещение, приточно-вытяжную вентиляцию.

Поверхность напольного покрытия в помещениях, где производятся сварочные работы должна быть ровной, без выбоин, не должна быть скользкой, обладать антистатическими свойствами. Материал пола на сварочном участке должен быть огнестойким (бетон, кирпич, цемент). При окрашивании стен применяют краску светло-серого цвета (желтый крон, титановые/цинковые белила), способную поглощать ультрафиолетовые лучи. В кабине предусматривают местную вентиляцию, воздухообмен которой на каждого рабочего должен составлять 40 м<sup>3</sup>/ч [31].

Расположение вентиляционного отсоса должно быть предусмотрено так, чтобы выделяемые при сварке газы сразу им всасывались, минуя попадание в дыхательные пути сварщика.

Проход между сварочным аппаратом и между установкой для автоматической сварки должен быть не менее 1,5 м; Расстояние между стационарным сварочным аппаратом и стеной или колонной должно составлять не менее 0,5 м, а расстояние между стеной или колонной и сварочным автоматом - не менее 1 м [31].

Для отсоса газов и пыли от сварочной дуги располагать вытяжной зонд над приспособлением для сварки защитной гильзы ротора недопустимо. При такой организации рабочего места поток поднимающихся газов и пыли частично проходит через зону дыхания сварщика. Рекомендуется применение гибкого рукава системы вентиляции.



## Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы, в связи с поставленной целью были проведены следующие работы по усовершенствованию действующего на предприятии технологического процесса сборки и сварки защитной гильзы ротора насоса центробежного герметичного:

Произведен анализ возможных альтернативных способов сварки, которые могли бы помочь снизить трудоемкость и себестоимость сварочных работ и выбран самый подходящий.

Подобрано оптимальное сборочное и сварочное оборудование, которое обеспечило снижение трудоемкости и повышение качества изготавливаемого изделия. Произведен подбор сварочных материалов для автоматической сварки в среде защитного газа. Были выполнены расчеты параметров режимов автоматической сварки, определено количество необходимых проходов.

Разработан новый технологический процесс сборки и сварки с использованием оптимального сборочного оборудования и новой сварочной технологии.

Проведен технико–экономический анализ усовершенствования технологии сборки сварки защитной гильзы ротора насоса ЦГ. Определено, что основной сегмент компаний, заинтересованных в данном исследовании это крупные предприятия нефтехимической отрасли. Сделан расчет бюджета научного исследования в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также заработные платы участников проекта. Итоговый бюджет проекта составляет 336173 руб. По оценке ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что она выше для технологического процесса автоматической дуговой сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа, по сравнению с другими способами сварки.

Осуществлен анализ вредных и опасных производственных факторов, и влияния процесса на окружающую среду с точки зрения экологии.

Предложены мероприятия по их минимизированию. Так же были рассмотрены правовые организационные вопросы обеспечения безопасности и анализ наиболее вероятных чрезвычайных ситуаций.

Полученные результаты проделанной ВКР позволили нам получить качественные сварные соединения с необходимыми нам свойствами, технологичностью и наименьшими трудозатратами и времени.

### Список использованной литературы

1. Буренин В.В., Гаевик Д.Т. Конструкция и эксплуатация центробежных герметичных насосов. – М.: Машиностроение, 1977. - 152с.
2. Колосков М.М. Марочник сталей и сплавов /Е.Т. Долбенко, Ю.В. Каширский и др.; Под общей ред. А.С. Зубченко – М.: Машиностроение, 2001. - 672с.
3. Макаров Э.Л. Сварка и свариваемые материалы. Т.1. Свариваемость материалов. – М.: Металлургия, 1991. - 527с.
4. Малащенко А. А. Лазерная сварка металлов. – М.: Машиностроение, 1984. - 47с.
5. Назаренко О.К. Электронно-лучевая сварка/ А.А. Кайдалов, С.Н. Ковбасенко и др.; Под ред. Б. Е. Патона. – Киев: Наукова думка, 1987. - 256 с.
6. Акулов А.И., Бельчук Г.А. и Демянцевич Е.И. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов. – М., «Машиностроение», 1977. - 432с.
7. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с изменениями N 1, 2, 3). Издание официальное. – М., «Стандартинформ», 2007. - 43с.
8. ГОСТ 10157-2016 Аргон газообразный и жидкий. Технические условия. Издание официальное. – М., «Стандартинформ», 2016. - 52с.
9. Лапин И.Е. Повышение технологических свойств дуги при сварке неплавящимся электродом в инертных газах. Волгоград.: ВГТУ, 2004. - 373с.
10. Трущенко Е.А. Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. – Томск: Томский политехнический университет, 2008. – 41с.
11. Селиванов А.С. Влияние угла заточки неплавящегося электрода на стабильность глубины проплавления сварного шва при различных

- токовых нагрузках // Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. VI междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СибАК, 2012.
12. Браткова О.Н. Источники питания сварочной дуги - М.: Высшая школа, 1982. – 187 с.
  13. Инструкция по эксплуатации Сварог PRO TIG 200 P DSP (W212) [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: [http://svarog-rf.ru/sites/default/files/docs/re\\_tig\\_200\\_p\\_dsp\\_w212.pdf](http://svarog-rf.ru/sites/default/files/docs/re_tig_200_p_dsp_w212.pdf) (дата обращения: 18.05.2017).
  14. Инструкция по эксплуатации Grovers TIG 200DC Pulse [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: <http://grovers.ru> (дата обращения: 18.05.2017).
  15. Инструкция по эксплуатации FoxWeld VARTEG TIG 180 DC PULSE [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: <http://foxweld.ru> (дата обращения: 18.05.2017).
  16. Руководство по эксплуатации. Барс. ProfI TIG серия [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: <http://barsweld.ru> (дата обращения: 18.05.2018).
  17. Руководство по эксплуатации. Aurora PRO INTER TIG 200 PULSE [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: [http://aurora-online.ru/files/MANUAL\\_INTER\\_TIG\\_200\\_ACDC\\_PULSE.pdf](http://aurora-online.ru/files/MANUAL_INTER_TIG_200_ACDC_PULSE.pdf) (дата обращения: 18.05.2018).
  18. Троицкий В.А. Неразрушающий контроль сварных соединений / В.А. Троицкий, М.И. Валевиц. – М.: Машиностроение, 1988. – 112с.
  19. Винокуров В.А. Сварочные напряжения и деформации. Методы их устранения. – М.: Машиностроение, 1968. - 235с.
  20. Деев Г.Ф. Пацкевич И.Р. Дефекты сварных швов. – Киев: Наукова думка, 1984. - 208с.
  21. Никифоров Р.В. Совершенствование технологий автоматической аргонодуговой сварки неплавящимся электродом стыковых соединений из тонколистовых коррозионностойких сталей с учетом

- термодеформационных процессов в изделии. – М.: Машиностроение, 2014. -201 с.
22. Таубер Б.А. Сборочно-сварочные приспособления и механизмы. – М.: ГНТИ Машиностроительной литературы, 1951 г. -415с.
23. Видяев И.Г. Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. -36с.
24. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартиформ, 2016. -10с.
25. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. – М.: Норматика, 2017. -68с.
26. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Моркнига, 2018. -20с.
27. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». – М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. -46с.
28. ГОСТ 12.2.007.8-75. Система стандартов безопасности труда. Оборудование электросварочное и для плазменной обработки. Требования безопасности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. -8с.
29. Матвиенко В. Н. Основы экологии. Экология сварочного производства: учеб. пособие для студ. – Мариуполь: Изд-во Поволжского государственного технологического университета, 2004. -101 с.
30. Михайлов Л. А. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов /В. П. Соломин, А. Л. Михайлов, А. В. Старостенко и др. – СПб.: Питер. 2012 -302с.
31. Правила по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ. Серия 03. Выпуск 82. – М.: ЗАО Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2015. -48с.

Приложение А

(обязательное)

**«Комплект технической документации»**

Дубл.			
Взам.			
Подл.			


	ФЮРА 02142.015	5	1
--	----------------	---	---

	ИШНК ТПУ Группа з-1В31			ФЮРА 02142.001		
	Сборка и сварка защитной гильзы ротора					

УТВЕРДИЛ  
Руководитель ООП

*ПРОКОНТРОЛИРОВАЛ*

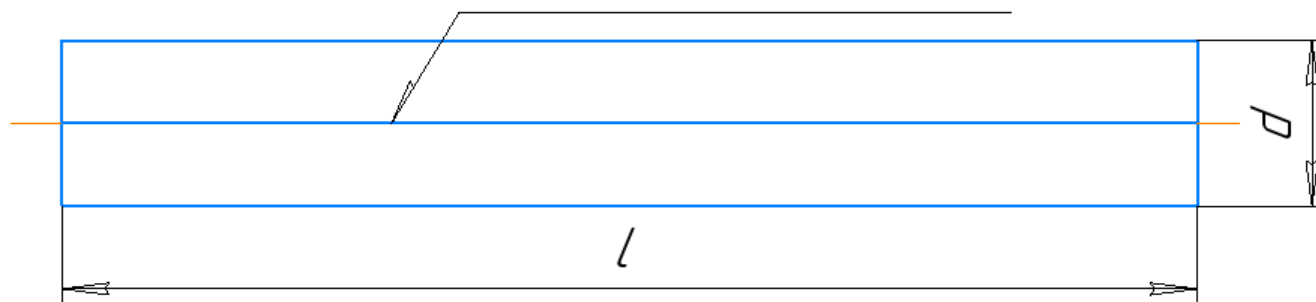
*доцент ОЭИ Князьков А.Ф.*

*'        "                                  2018 г.*

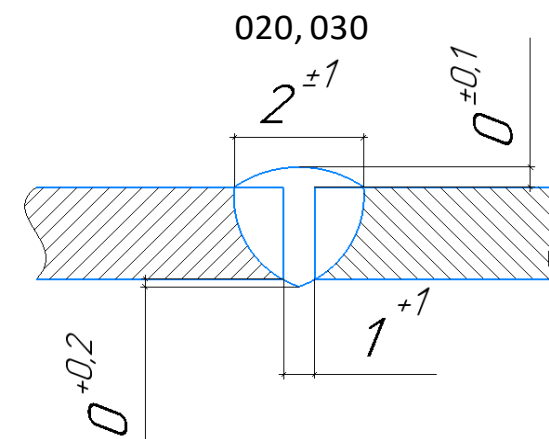
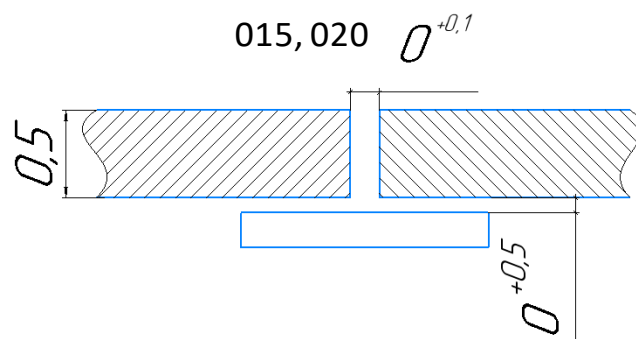
ВЫПОЛНИЛ  
студент гр. 3-1В31 Орт И.А.  
" 2018 г


					ФЮРА 02142.015		5	2
Разраб.	Орт И.А.			ИШНК ТПУ Группа з-1В31			ФЮРА 20142.001	
Пров.								
Н.контр.	Князьков А.Ф.			Сборка и сварка защитной гильзы ротора				

005,010  
ГОСТ 16037-80-С5-ИИ



№	Длина обечайки $l$ , мм	Диаметр обечайки $d$ , мм	Ширина листа обечайки, $c_d$ , мм
1	352	111	348,5
2	502	141	442,7
3	1202	181	568,3





Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
												ФЮРА 02142.015			5	3			
Разраб.	Орт И.А.				ИШНК ТПУ								ФЮРА 10142.001						
Пров.					Группа з-1В31														
												Сборка и сварка защитной гильзы ротора							
Н.контр.	Князьков А.Ф.																		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции				Обозначение документа										
Б					Код,наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М					Наименование детали, сб.единицы или материала				Обозначение,код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.		
А01	1	1	1	005	Рубка				ПБ 03-576-03; ПОТ РМ-006-97										
Б02					Комбинированный механический станок METALMASTER GBR Manual 1310				3	18466	3	1	1	1					
М03					Листовой прокат 0,5х600х1200 12х18н10т				ГОСТ 19904-90										
О04	Нарубить листы в размер согласно ФЮРА 20142.001. После рубки зачистить края заготовки от заусенцев напильником.																		
Т05	Плоский напильник №4-5, штангенциркуль, рулетка, чертилка.																		
06																			
А07	1	1	1	010	Гибка				ПБ 03-576-03; ПОТ РМ-006-97										
Б08					Комбинированный механический станок METALMASTER GBR Manual 1310				3	18466	3	1	1	1					
М09					Заготовка из листового проката 0,5х600х1200 12х18н10т				ГОСТ 19904-90										
О10	Загнуть края обечайки на ширину 20мм от края на угол 80°.																		
11																			
12																			
13																			
МК																		3	

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
															ФЮРА 02142.015					
															ФЮРА 10142.002					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа										
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.				
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.					
A14	1	1	1	015	Вальцовка					ПБ 03-576-03; ПОТ РМ-006-97										
B15	Комбинированный механический станок METALMASTER GBR Manual 1310					3	18466	3	1	1	1									
M16	Заготовка из листового проката 0,5x600x1200 12x18н10т					ГОСТ 19904-90														
O17	Перед вальцовкой загнуть края обечайки на ширину 20 мм от края. Прокатать заготовку в вальцах в диаметр ротора.																			
T18	Рулетка.																			
19																				
A20	1	2	2	020	Сборка					ГОСТ 14771-76										
B21	Сборочно-сварочное приспособление					3	18328	5	2	1	1									
M22	Заготовка из стали 12x18н10т					ГОСТ 19904-90														
O23	Собрать обечайку на сборочно-сварочном приспособлении.																			
T24	Ключи рожковые 10, 32; УШС-3, ветошь, обезжириватель.																			
25																				
26																				
МК																			4	

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
															ФЮРА 02142.015					
															ФЮРА 10142.003					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа										
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.				
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.					
A25	1	2	2	025	Сварка					ГОСТ 14771-76										
B26	Grovers TIG 200 DC Pulse					1	18328	5	2	1	1									
M27	Электрод вольфрамовый Ø1,6; баллон газа Ar					ГОСТ 8050-85, ГОСТ Р 52588-2011														
O28	Проварить сварной шов, согласно ФЮРА.20000.003																			
T29	Ключ рожковый 10; УШС-3, щетка.																			
30																				
A31	1	1	3	030	Правка					ПБ 03-576-03, ПОТ РМ-006-97										
B32	Верстак слесарный					4	18466	3	1	1	1									
M33	Осуществить правку обечайки для устранения остаточных деформаций .																			
T34	Молоток резиновый, набор фторопластовых калибров																			
35																				
A36	1	1	3	035	Контроль					ГОСТ 14771-76, РДИ 38.18.019-95										
B37	Верстак слесарный					4	11827	4	1	1	1									
O38	Произвести визуальный контроль и цветную дефектоскопию сварочного соединения согласно ФЮРА.20000.003																			
T39	Набор для проведения ЦД, лупа 10х, УШС-3, рулетка.																			
МК																			5	